

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE



INVENTAIRES DE FAUNE ET DE FLORE

FASCICULE 53

ANNEE 1989

UTILISATION DES INVENTAIRES D'INVERTEBRES POUR L'IDENTIFICATION ET LA SURVEILLANCE D'ESPACES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE



SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE

PARIS

UTILISATION DES INVENTAIRES D'INVERTEBRES POUR L'IDENTIFICATION ET LA SURVEILLANCE D'ESPACES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE





Source : MNHN, Paris

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

INVENTAIRES DE FAUNE ET DE FLORE

FASCICULE 53 ANNEE 1989

UTILISATION DES INVENTAIRES D'INVERTEBRES POUR L'IDENTIFICATION ET LA SURVEILLANCE D'ESPACES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE

Editeurs scientifiques :
François de BEAUFORT et Hervé MAURIN

Les travaux et publications du
SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE
sont réalisés pour le compte du
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT
DIRECTION DE LA PROTECTION DE LA NATURE

SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE

PARIS



Edité par le SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Service scientifique national associé par convention permanente au
MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT

DANS LA COLLECTION : "INVENTAIRES DE FAUNE ET DE FLORE"

Fondateur, Directeur Scientifique : François de BEAUFORT

Directeur de la publication : Hervé MAURIN
Mise en page : Gwénaëlle CHAVASSIEU
Illustrations : Didier ALLARD et Philippe THONON

Diffusé par la SOCIETE POUR L'INVENTAIRE DE LA FAUNE ET DE LA FLORE
c/o Secrétariat de la Faune et de la Flore

ISSN 0246 - 3881

ISBN 2 - 86515 - 054 - 2

Dépot légal 1989 - IV

Edité en Décembre 1989

AVERTISSEMENT

Cet ouvrage rassemble l'ensemble des communications et posters présentés lors du colloque "UTILISATION DES INVENTAIRES D'INVERTEBRES POUR L'IDENTIFICATION ET LA SURVEILLANCE D'ESPECES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE" qui s'est déroulé à Paris les 25, 26 et 27 Novembre 1987.

Ce colloque a été organisé à l'occasion de la réunion du Comité de la CARTOGRAPHIE DES INVERTEBRES EUROPEENS par le SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, sous le patronage de la SOCIETE D'ECOLOGIE et de la SOCIETE DE BIOGEOGRAPHIE, avec le soutien du MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DIRECTION DE LA PROTECTION DE LA NATURE.

Le Professeur Claude CAUSSANEL, Directeur du laboratoire d'entomologie au Museum National d'Histoire Naturelle en a assuré l'ouverture.

Le Docteur Martin C.D. SPEIGHT, Messieurs Georges BERNARDI, Marc MEYER et M. le Professeur Jean Pierre LUMARET en ont présidé les diverses séances.

Le comité d'organisation était composé de M. François de BEAUFORT (organisateur) et M. Hervé MAURIN (secrétaire), M. Georges BERNARDI, M. le Professeur Jean Claude LEFEUVRE et M. le Professeur Jean Pierre LUMARET.

Le Directeur du Secrétariat de la Faune et de la Flore
Hervé MAURIN

SOMMAIRE

LES COMMUNICATIONS :

LES POSTERS :

LISTE DES INTERVENANTS

ANDRE J.	Université Paul Valéry Laboratoire de Zoogéographie B.P. 5043 34032 MONTPELLIER Cedex
BALL S.G.	Nature Conservancy Council Northminster House PETERBOROUGH, PE1 1UA UNITED KINGDOM
BEAUFORT de F.	Museum National d'Histoire Naturelle Laboratoire Zoologie, Mammifères et Oiseaux 55, rue Buffon 75231 PARIS Cedex 05
BERNARDI G.	Museum National d'Histoire Naturelle. Laboratoire d'Entomologie 45, rue Buffon 75231 PARIS Cedex 05
BLANDIN P.	Museum National d'Histoire Naturelle Laboratoire d'Ecologie Générale 4, avenue du Petit Château 91800 BRUNOY
CANARD A.	Labo. de Zoologie et d'Ecophysiologie Université de Rennes I avenue du Général Leclerc 35042 RENNES Cedex
CUETO J.A.	Departamento de Biologia Animal Faculta de Biologia Universidad de Leon 24071 LEON ESPAGNE
DOMMANGET J.L.	INRA,Station de Zoologie Laboratoire de Faunistique Ecologique Route de Saint Cyr 78000 VERSAILLES
DUFOUR C.	Musée d'Histoire Naturelle Centre Suisse de Cartographie de la Faune 14, rue des Terreaux CH - 2000 NEUCHATEL SUISSE
EVERSHAM C.	Biological Records Centre Monks Wood Experimental Station Abbots Ripton, Huntingdon CAMBS PE17 2LS UNITED KINGDOM
GALANTE PATINO E.	Faculdad de Biologia Universidad de Salamanca 37071 SALAMANCA ESPAGNE

GONSETH Y.	Musée d'Histoire Naturelle Centre Suisse de Cartographie de la Faune 14, rue des Terreaux CH - 2000 NEUCHATEL SUISSE
GUEGUEN A.	Université de Rennes Museum National d'Histoire Naturelle Labo. d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés UA 696 du CNRS avenue du Général Leclerc 35042 RENNES Cedex
HARDING T.	Biological Records Centre Monks Wood Experimental Station Abbots Ripton, Huntingdon CAMBS PE17 2LS UNITED KINGDOM
KUIPER J.G.J.	Institut Néerlandais 121, rue de Lille 75007 PARIS
LUMARET J.P.	Laboratoire de Zoogéographie Université Paul Valéry B.P. 5043 34032 MONTPELLIER Cedex
MARCOS GARCIA A.	Faculdad de Biologia Universidad de Salamanca 37071 SALAMANCA ESPAGNE
MAURIN H.	Museum National d'Histoire Naturelle Secrétariat de la Faune et de la Flore 57, rue Cuvier 75231 PARIS Cedex
MEYER M.	Centre de Recherche Scientifique du Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg Marché aux Poissons L - 2345 LUXEMBOURG LUXEMBOURG
MOUTHON J.	Laboratoire d'Hydrobiologie du CEMAGREF 3, quai Chauveau 69336 LYON Cedex 09
OKLAND J. et OKLAND K.A.	University of Oslo Biological Institute, Division of Limnology P.O. Box 1027 Blindern N - 0315 OSLO 3 NORVEGE
RASMONT P.	Faculté des Sciences, Zoologie Université de Mons-Hainaut Avenue du Champ de Mars B-7000 MONS BELGIQUE
VILLEPOUX O.	Laboratoire d'Ecologie Appliquée Université de Clermont II - les Cézeaux 63170 AUBIERE

LISTE DES EXPOSANTS DE POSTERS

ANSELIN A., GOFFART Ph., MICHIELS N., VAN MIERLO M.	Laboratorium voor Ecologie der Dieren en Zoögeografie Rÿksuniversiteit Gent K.L. Ledeganckstraat 35 B – 9000 GENT BELGIQUE
DUTREIX C.	107, boulevard Michelet 44300 NANTES
EHANNO B.	Museum National d'Histoire Naturelle Université de Rennes I Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés Avenue du Général Leclerc 35042 RENNES cedex
G.I.R.A.Z. – ZYGAENA	28, avenue des Grolles 44100 NANTES
GEOFFROY J.J.	Museum National d'Histoire Natuelle Ecologie Générale – UAA 689 du CNRS 4, avenue du Petit Château 91800 BRUNOY
GOGALA M.	Slovene Museum of Natural History Presernova 20 P.O. Box 290 YU – 61001 LJUBLJANA YUGOSLAVIE
OKLAND J. et OKLAND K.A.	University of Oslo Department of Biology Division of Limnology P.O. Box 1027 Blindern N – 0315 OSLO 3 NORVEGE
REAL G. et REAL A.M.	Université Bordeaux I Institut Universitaire de Biologie Marine Station Biologique d'Arcachon 2, rue du Professeur Jolyet 33120 ARCHACHON

Source : MNHN, Paris

COMMUNICATIONS

L'INVENTAIRE ECOLOGIQUE DES ESPECES, UNE REPONSE POUR IDENTIFIER DES ESPACES D'INTERET FAUNIQUE.

UN EXEMPLE
L'INVENTAIRE NATIONAL DES MOLLUSQUES TERRESTRES CONTINENTAUX.

Joël ANDRE

Laboratoire de Zoogéographie
Université Paul Valéry
B.P. 5043
34032 Montpellier Cedex
FRANCE

RESUME.

Une série de recherches écologiques sur les Mollusques terrestres de la région méditerranéenne nord-occidentale, a permis la mise au point d'une méthode pour aboutir à un découpage faunique. Ce découpage a été déterminé par traitement statistique et analyse de données. L'intérêt des résultats obtenus a conduit, lors de la création de la banque de données ZOOGECO, à prendre en compte dans le schéma conceptuel un nombre important de variables écologiques. ZOOGECO est une banque de données factuelles et bibliographiques qui concerne les invertébrés et les vertébrés. Elle permet la cartographie écologique, à trois niveaux de perception, des informations extraites par interrogation. L'Inventaire National des Mollusques terrestres continentaux bénéficie de la structure de ZOOGECO. Les premiers résultats de l'inventaire écologique sont présentés et concernent la région méditerranéenne. Quelques modèles typiques de répartition sont discutés. Ils montrent l'intérêt des représentations cartographiques à deux niveaux de perception et les potentialités qu'elles expriment dans un but fondamental et appliqué.

MOTS-CLES :
Région méditerranéenne - Mollusques terrestres - Inventaire faunique - Ecologie - Banque de données - Cartographie automatique.

ABSTRACT.

Ecological researchs about terrestrial Molluscs in north-occidental mediterranean area, has allowed to perfect a method to get identification of biogeographical clusters. These clusters have been obtained by statistics data processing and multivariate analysis. The interest of the results, has lead to use numerous ecological factors in the conceptual scheme of the data bank ZOOGECO, when it was created. ZOOGECO is a factual and a bibliographical data bank which is destinate to invertebrates and vertebrates. It permits the ecological cartography with three perceptive levels, from the data extracted by questioning. The National continental terrestrial Molluscs Inventory benefits from ZOOGECO's strucutre. It proposes a locate-species inventory and an ecological one. The first results of ecological inventory are exposed and affect the mediterranean area. Some typical models of distribution are discussed. They show the interest of cartographic representation on two hierarchical levels. These ones point out the potentialities that they present in a fondamental and applicate way.

KEY-WORD :
Mediterranean area - Terrestrial Molluscs - Faunic inventory - Ecology - Data bank - Automatical cartography.

INTRODUCTION.

La généralisation, depuis dix ans, des techniques informatiques pour stocker les données factuelles quelles qu'elles soient, a permis à de nombreux naturalistes de trouver un support, très souple, au rangement des diverses informations de terrain dont ils pouvaient disposer. Succédant à des fichiers papiers peu maniables, les données ont été engrangées sur cartes perforées et utilisées sur mini-ordinateur ou gros système. Mises à demeure ensuite sur bande magnétique ou disque résident dans les grands centres de calcul, elles ont été disponibles pour de nombreuses opérations et applications. Enfin, avec la génération des micro-ordinateurs PC d'IBM et compatibles, un nouveau standard s'installe, il offre la possibilité de consulter ses données "à domicile" sans avoir à affronter des grands systèmes (en France C.N.U.S.C. et C.I.R.C.E.). Il offre aussi la possiblité de communiquer par disquette. Cependant des moyens très puissants de communications entre chercheurs sont opérationnels grâce aux centres de calcul, ils permettent des transactions de données très performantes, réseau E.A.R.N. (European Academic Research Network) et téléchargement, ils permettent aussi la mise en ligne de données à partir de S.G.B.D.

Devant un tel environnement et de telles possibilités, un naturaliste ne peut rester insensible. Avec ses données, il peut envisager des calculs importants, des consultations et des mises à jour performantes, des communications et des échanges. L'écologie, science qui par excellence requiert un recueil élevé d'informations et des traitements statistiques nombreux ne peut que bénéficier de ces atouts. Un inventaire écologique "gourmand" en mémoire peut être envisagé à l'échelle d'un pays dès lors qu'il dispose de moyens conséquents en informatique (micro, mini, grand ordinateur).

L'acquis et l'expérience obtenus dans le cadre de recherches sur l'écologie des Mollusques terrestres de la région méditerranéenne nord-occidentale, ont conduit à mettre au point un inventaire écologique dont les retombées sont le découpage en régions fauniques. Parmi celles-ci une hiérarchie d'intérêts peut être proposée en fonction des critères dictés par la gestion de patrimoine naturel (rareté, espèce en voie d'expansion, richesse...).

Seront reproduits dans le corps de ce document, les méthodes utilisées et les résultats obtenus *, le développement de moyens propres à gérer les données à l'échelle d'un pays, la conduite de l'Inventaire National, les premiers résultats de ce dernier.

---

* *dans la région méditerranéenne nord-occidentale.*

I. L'EXEMPLE DU DECOUPAGE FAUNIQUE DE LA REGION MEDITERRANEENNE NORD-OCCIDENTALE (FRANCE, PENINSULE IBERIQUE).

A) METHODE.

La volonté d'enregistrer de nombreuses données, de façon équivalente, afin qu'elles soient utilisables et utilisées, nécessitent un formalisme très précis des questions et des réponses qui sont à régler sur le terrain. L'utilisation de formulaires précodés est une solution dont le C.E.P.E. (Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques - C.N.R.S. - Montpellier) a fourni depuis longtemps des modèles (GORDON et al., 1968). Ceci a permis de constituer nos propres formulaires, avec une codification des états de variables prises en compte, adaptées à l'étude des Gastéropodes (ANDRE, 1973 ; 1975).

Grâce à ce système d'enregistrement de données, qui exclut toute station d'observation sans mesure des variables de terrain, notre travail a pu suivre l'organigramme ci-après (fig. 1). Un nombre d'étapes relativement important permet de déterminer des entités biogéographiques sur la base de calculs d'affinités fauniques (ANDRE J., 1984 a).

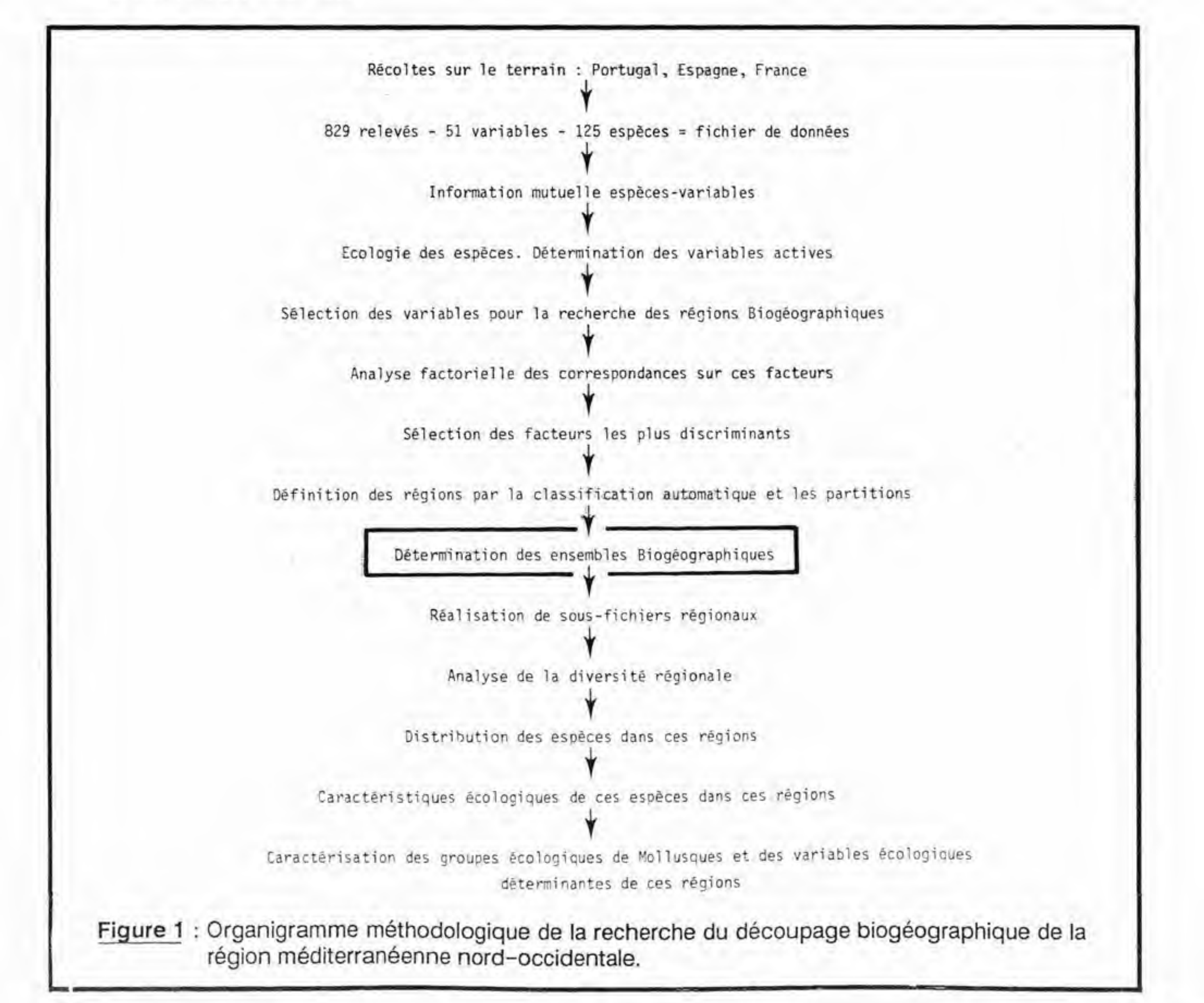


Figure 1 : Organigramme méthodologique de la recherche du découpage biogéographique de la région méditerranéenne nord-occidentale.

B) CALCULS STATISTIQUES.

Le fichier de données à traiter contient environ 3 200 000 informations. La première étape a consisté à définir l'écologie des espèces par la méthode de l'information mutuelle (DAGET Ph., GODRON M., 1982). Ce calcul permet de dégager les variables les plus actives dans l'écologie des Mollusques, il détermine les facteurs utiles à la recherche des régions biogéographiques. Pour réaliser cette étape, des analyses factorielles de correspondances ont été pratiquées sur chacune des variables retenues. L'étude des valeurs des paramètres, fournis par les résultats des analyses, ainsi que l'étude des premiers plans factoriels renseigne sur l'aptitude des variables à identifier des ensembles fauniques pertinents. En associant à cette recherche des partitions (LEBART L. et al., 1977) et des classifications ascendantes hiérarchiques, les ensembles biogéographiques les plus stables sont assez facilement dégagés. Ils sont alors comparés à des zones de richesse moyenne en nombre d'espèces par relevé. C'est enfin l'ensemble de ces analyses qui permet le tracé, par le chercheur, d'une proposition de découpage. Sur cette grande région de 440 000 Km^2, 14 zones ont été matérialisées (fig. 2). Les résultats sont assez éloquents, pour que l'on utilise cette méthode performante, pour identifier dans le cadre d'inventaires nationaux des espaces de grand intérêt faunique. Ces espaces peuvent être destinés à la surveillance, grâce à des indices statistiques adaptés. La seule condition est la prise en compte de données écologiques, systématiquement, sur le terrain.

II. ZOOGECO ET L'INVENTAIRE NATIONAL DES MOLLUSQUES.

A) LA BANQUE DE DONNEES.

Au moment où ces résultats biogéographiques furent acquis, deux conventions avec la D.B.M.I.S.T. (2082 et 8511) ont suscité l'élaboration et le développement d'une banque de données bibliographiques et factuelles : ZOOGECO. Cette banque de données à vocation régionale, dans le cadre des secrétariats régionaux faune, se veut avant tout une banque zoogéographique et écologique. L'auteur, qui a dirigé la mise en place de la structure de cette banque (ANDRE J., 1984 b ; 1986 a ; sous presse), a choisi au niveau conceptuel de pouvoir entrer des données variées issues d'inventaires écologiques, que ce soit non seulement pour les Invertébrés, mais aussi pour les Vertébrés. Moyennant un nombre d'entités et d'attributs relativement élevé dans le schéma conceptuel, toute donnée codée correctement peut être intégrée. D'autre part l'utilisation, aussi bien dans le domaine bibliographique que factuel, du découpage écologique de la France (DUPIAS G., REY P., 1980) donne à ZOOGECO une dimension nationale pour la prise en compte du patrimoine naturel, sur un plan écologique, tout en restant compatible avec la banque

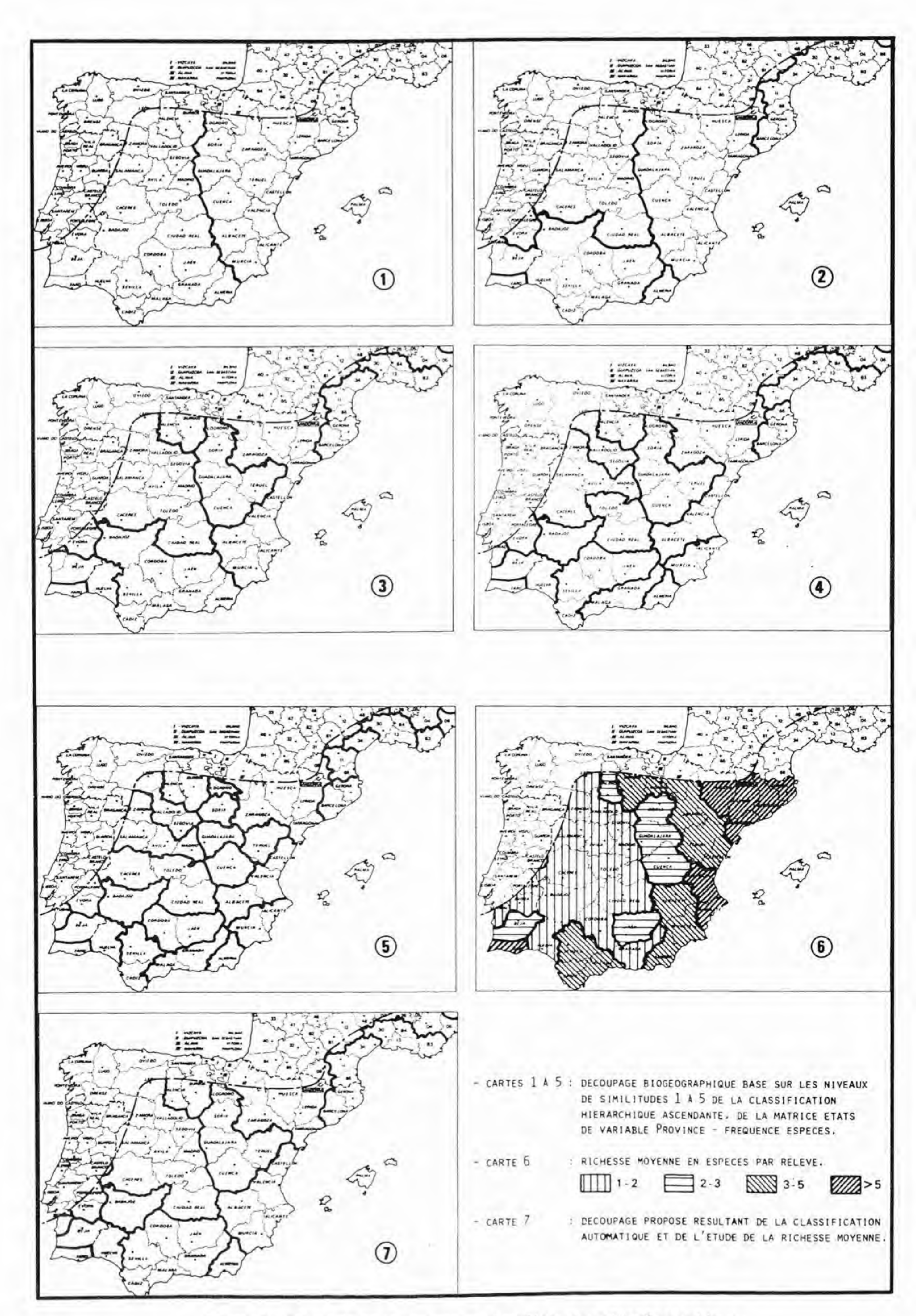


Figure 2 : Résultats de la recherche d'un découpage biogéographique.

Source : MNHN, Paris

Fauna-Flora. D'autre part ZOOGECO est interrogeable sur minitel *, avec interrogation en clair et non en langage naturel.

B) LA CARTOGRAPHIE ECOLOGIQUE.

Dès lors que le découpage écologique de la France était pris en compte, il était facilement envisageable de cartographier sur un fond écologique toutes les données disponibles :

données brutes telles que :
- présence-absence des espèces ;
- valeur moyenne des états de variables ;
- état de l'échantillonage.

données statistiques :
- indices fauniques ;
- richesse moyenne ;
- modélisation et typologie des peuplements.

La carte de France écologique au 1/1 000 000ème a été numérisée, elle est constituée de 820 polygones identifiant 640 secteurs écologiques de niveau élémentaire, regroupés dans trois niveaux de hiérarchie emboités. Ceci permet une cartographie écologique à trois niveaux d'intégration. Un même phénomène peut donc être représenté à trois niveaux de perception dont les deux premiers sont réellement intéressants. Le niveau III restitue l'information écologique de base et traduit l'échantillonnage, le niveau II permet d'effectuer une sorte de lissage de l'information en affectant l'information initiale à toute la hiérarchie de même niveau (des exemples sont donnés en II.D.2.). Cet ensemble informatique de cartographie automatique écologique réside au C.N.U.S.C., il est constitué de la banque ZOOGECO dont l'interrogation multi-critères permet de sélectionner les informations à cartographier. Celles-ci, traitées par un programme interface sont prises en compte par un logiciel de représentation cartographique qui utilise le fond numérisé de la France écologique. Des cartes sont ainsi très rapidement obtenues. Le choix des classes de représentation des informations est modifiable à volonté, les cartes obtenues peuvent être visualisées sur écran graphique avant édition sur imprimante électrostatique ou à jet d'encre.

** Codes 36-13, CNU1, TSO, ZOOGECO. Pour le mot de passe et le code d'accès contacter J. ANDRE.*

C) L'INVENTAIRE NATIONAL DES MOLLUSQUES TERRESTRES.

Tous les éléments décrits ci-dessus, recherches fondamentales et appliquées, moyens disponibles, ont contribué fortement à la définition de l'Inventaire des Mollusques. Cette contribution a réciproquement permis de mettre au point les différentes applications de ZOOGECO.

Les moyens mis en oeuvre font que l'Inventaire des Mollusques est un inventaire pilote qui devrait permettre de réaliser la surveillance d'espaces d'intérêt faunique à une échelle du 1/1 000 000ème. Les inventaires des Mollusques de différents pays d'Europe, Iles Britaniques, Allemagne de l'Ouest, Belgique, Hongrie, ont choisi l'enregistrement des données de type espèce-lieu sur la base d'un carroyage U.T.M. C'est à ce propos que ce que nous proposons est pilote et permet réellement une surveillance faunique en liaison avec les paramètres écologiques. L'échelle est différente de celle du projet Ecozones (MAURIN H., 1986, p. 71) dont la finesse est celle de l'imagerie SPOT dont la résolution au sol est de dix mètres. Ajoutons que le canal panchromatique permet de descendre jusqu'au 1/25 000ème. Cependant les deux approches ne sont pas incompatibles, tout dépend de la quantité d'information disponible dans le découpage choisi. Il est exceptionnel d'avoir des renseignements pour les invertébrés, à une échelle de 1/100 000ème, ceci rend ce projet très ponctuel et inadapté à un inventaire national sans parler du coût puisque les inventaires nationaux ne bénéficient actuellement d'aucun moyen.

Compte-tenu de toutes ces possibilités, de l'environnement informatique disponible, des compatibilités avec Fauna-Flora, des difficultés de mise en oeuvre de l'Inventaire écologique pour des non spécialistes, deux types d'inventaires ont été proposés. Il s'agit d'abord d'un inventaire simple de type espèce-lieu qui n'enregistre que quelques variables de localisation (ANDRE J., 1986 b) que chacun peut utiliser à partir de récoltes occasionnelles quelles qu'elles soient. L'inventaire écologique, plus exigeant, demande un échantillonnage précis qui prend en compte les cinq écosystèmes les plus représentatifs dans chaque secteur écologique élémentaire (niveau III ou IV). Ainsi on arriverait, pour la France continentale, à couvrir parfaitement la surface du territoire avec 3 200 stations. Celles-ci pourraient être analysées région par région, comme indiqué en I.A et un découpage malaco-faunique serait déterminé et comparé au découpage écologique de DUPIAS et REY de portée plus générale. Il est certain que cette démarche fondamentale, nécessite une homogénéité d'échantillonnage et de mesure des variables sur le terrain (celles-ci sont au nombre de 40). Mais un inventaire étant, par définition, l'affaire d'un spécialiste aidé d'amateurs bénévoles, des difficultés techniques apparaissent dans la détermination des stations de références et dans la mesure des variables. A ces difficultés s'ajoutent les problèmes de récolte des petites espèces qui nécessitent un traitement particulier : ramassage de terre, lavage, tri granulométrique.

Quoiqu'il en soit seuls les relevés écologiques possèdent une valeur durable et comparable qui permet la surveillance à moyen ou long terme d'espaces d'intérêt faunique.

D) RESULTATS.

1 – NATURE DES DONNEES.

La mise en place de l'Inventaire, la création d'un réseau, l'élaboration d'un guide de l'Inventaire (ANDRE J., 1986b), la constitution de fiches d'inventaires précodées, la réalisation de la liste faunique de référence, ont été longues. Les participants, peu nombreux, commencent à fournir des informations. Cependant celles-ci dispersées sur tout le territoire ne permettent pas actuellement de synthèse. Ainsi les premières données exploitées sont celles issues de l'étude de la région méditerranéenne Nord-occidentale. Les données de France méditerranéenne, extraites et reformatées au profil de l'inventaire écologique, constituent aujourd'hui les premières informations exploitables homogènes. Ces données sont les suivantes :

- 216 stations.
- 40 variables écologiques.
- 69 espèces.
- 1 255 localisation espèce-lieu.
- 6 régions écologiques de niveau I.
- 18 secteurs écologiques de niveau II.
- 96 secteurs écologiques de niveau III et IV.
- 14 départements.
- 197 communes.

2 – EXEMPLES DE REPARTITIONS SPECIFIQUES, MODELES FAUNIQUES.

La représentation graphique utilise automatiquement un figuré tramé à 5 classes. Celles-ci peuvent concerner n'importe quel phénomène statistique. Il s'agit des fréquences relatives des espèces : fréquence absolue par secteur/nombre de stations par secteurs III ou IV (a) ou par secteur II (b). La première classe a été utilisée pour représenter l'absence de station ou l'absence de l'espèce (valeur fictive -1 à 0). La dernière classe (1.0 à 2.0) n'a pas été utilisée. Dans tous les cas la figure indexée a) restitue au niveau écologique le plus fin la répartition et l'échantillonnage de base. La figure indexée b) illustre cette répartition au niveau II, celle-ci est obtenue en affectant les données des niveaux III et IV à l'ensemble des secteurs de même niveau II.

Cette cartographie au niveau II est plus proche d'un modèle. Elle offre une simulation qui a l'avantage de présenter la répartition de façon claire en gommant les plus gros défauts de l'échantillonage et en identifiant toutes les potentialités de répartition de l'espèce. Ces potentialités sont autant d'éléments de réflexion et

d'hypothèses. Elles permettent d'envisager des vérifications d'échantillonnage ou l'obtention d'informations sur des possibilités d'expansion des espèces et par là même la conduite de la gestion de la faune.

Les références des codes des secteurs écologiques sont celles utilisées par DUPIAS et REY dans la carte écologique et sa notice.

a) Modèle ubiquiste.

- généraliste : Helix aspersa – Fig. 3a et 3b

Cette espèce dont la fréquence est 128, est répendue très largement sur toute la région (fig. 3a), soit 63 secteurs. Cependant la figure 3b permet de se faire une idée exacte de la répartition, limitée au Nord-est et au Sud-Ouest par les roches cristallines aux altitudes élevées.

- à préférences : Pomatias elegans – Fig. 4a et 4b

Cette espèce présente un modèle intéressant d'espèce ubiquiste dont la fréquence est en relation avec la présence de litière ligneuse. Sa fréquence est de 105 et elle est présente dans 58 secteurs écologiques. La comparaison de la figure 4b à la figure 3b met en évidence, a cette échelle, la densité de répartition différente chez les deux espèces. La densité est homogène pour Helix aspersa dans la zone des plaines alluviales (IXA) et la zone des garrigues (IXB), alors que pour Pomatias elegans une distinction nette apparait dans la densité de présence entre ces deux zones. Cette différence traduit le besoin général de litière et le recul face à une trop forte anthropisation, ainsi qu'à la nature cristalline et volcanique du substrat à moyenne altitude.

b) Modèle littoral.

Theba pisana – fig. 5a et 5b.

Cette espèce, typiquement méditerranéenne à l'origine de son peuplement, est très largement en expansion sur les côtes de l'océan. Sa répartition figurée sur les secteurs les plus fins (fig. 5a) montre qu'elle ne s'éloigne pas du littoral et qu'elle est presque uniquement présente dans la plaine du Languedoc, du Roussillon, des Costières, de la Camargue et de la Crau. La représentation au niveau II (fig. 5b) est très bonne pour la zone littorale alors que les potentialités exprimées pour la zone IXB (zone des garrigues : IXB1 à IXB29) sont excessives. Elles sont dues à la localisation de l'espèce dans quelques secteurs de la zone des garrigues, proches du littoral (versant Est des Basses Corbières orientales calcaires : IXB10a, reliefs Nord-marseillais : IXB20, bassin d'Aix : IXB24). Ces secteurs confèrent ici, à l'ensemble IXB des potentialités de répartition qui sont erronées.

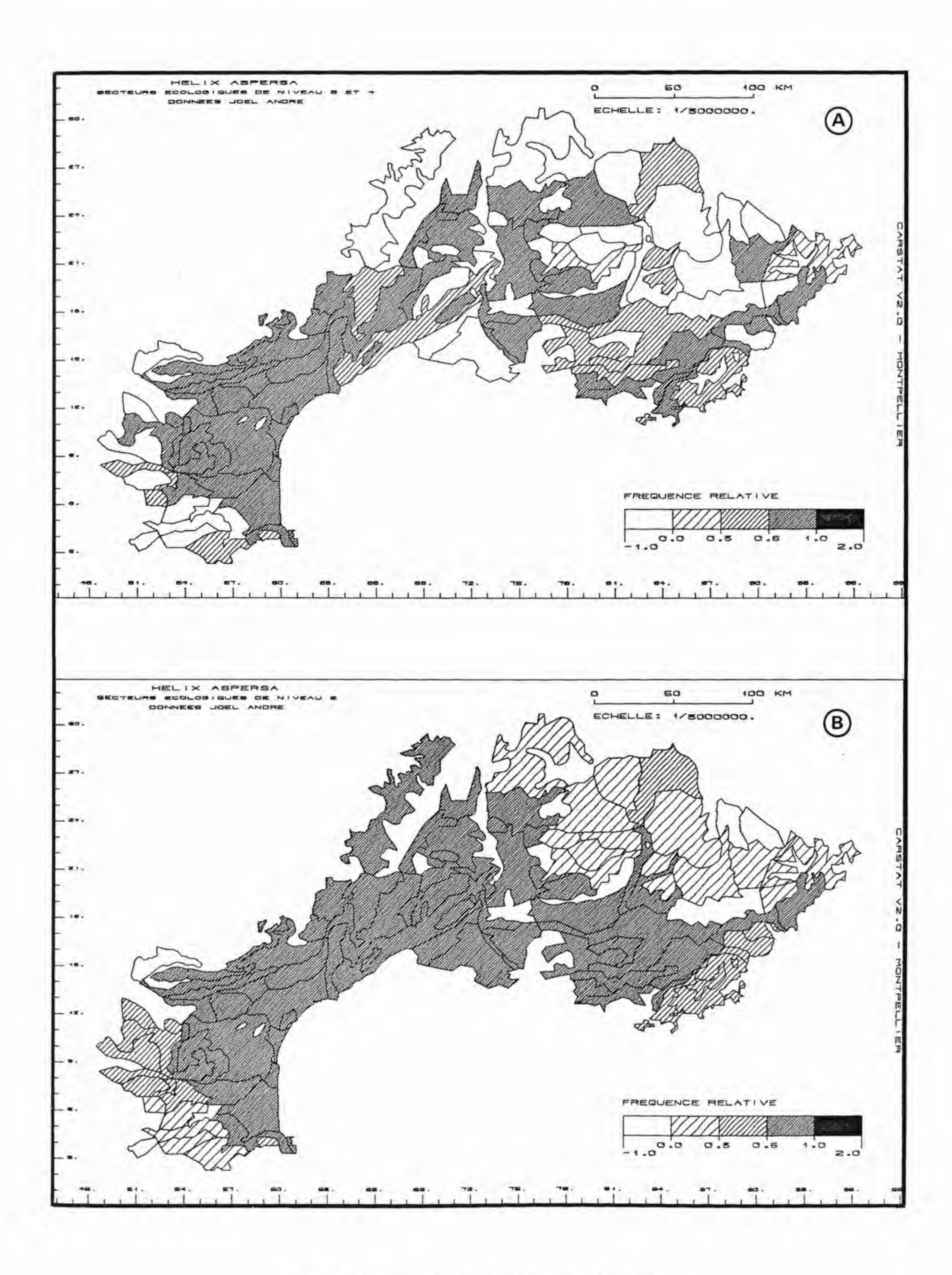


Figure 3 : Modèle de répartition d'*Helix aspersa*.

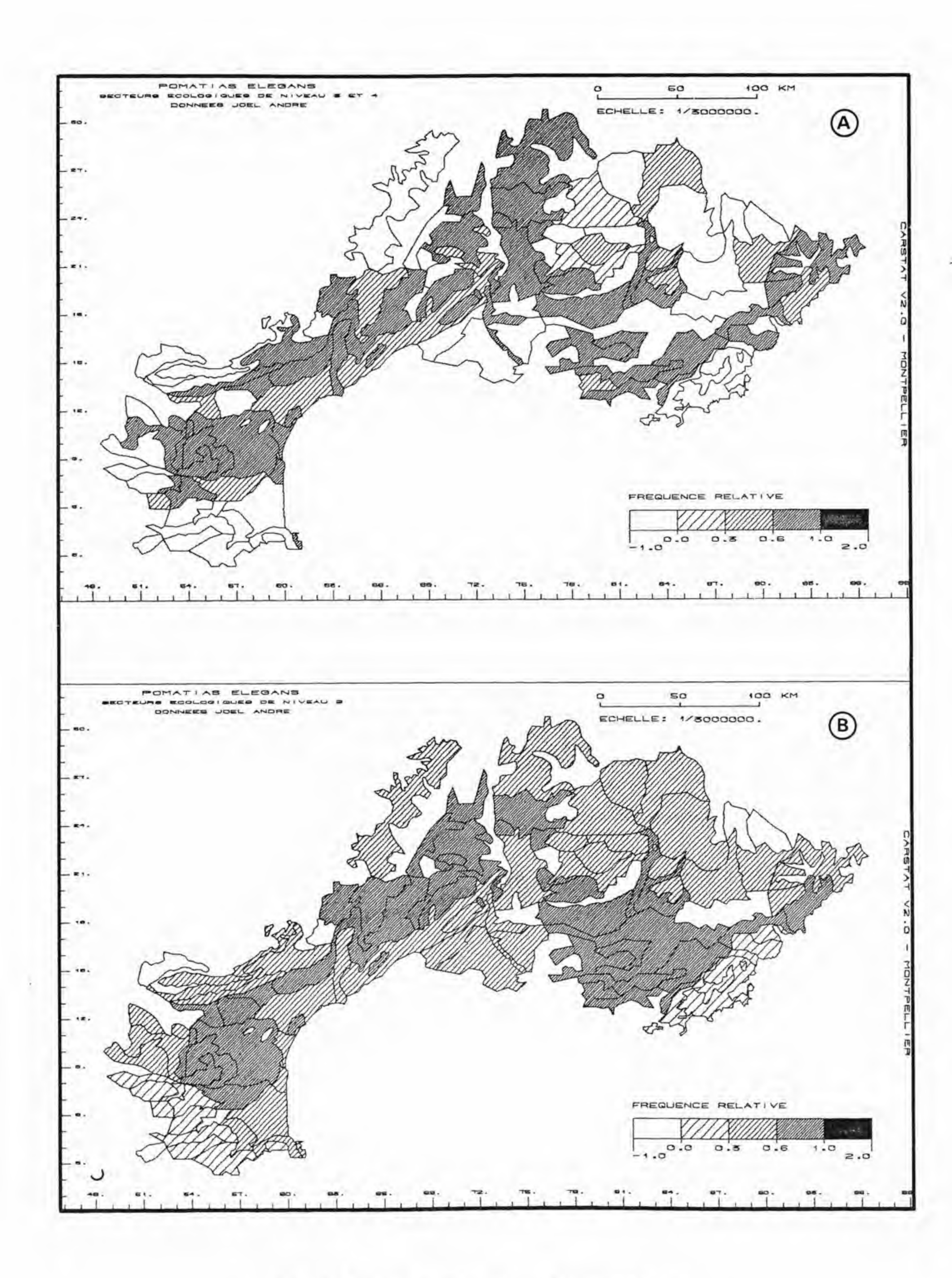


Figure 4 : Modèle de répartition de *Pomatias elegans*.

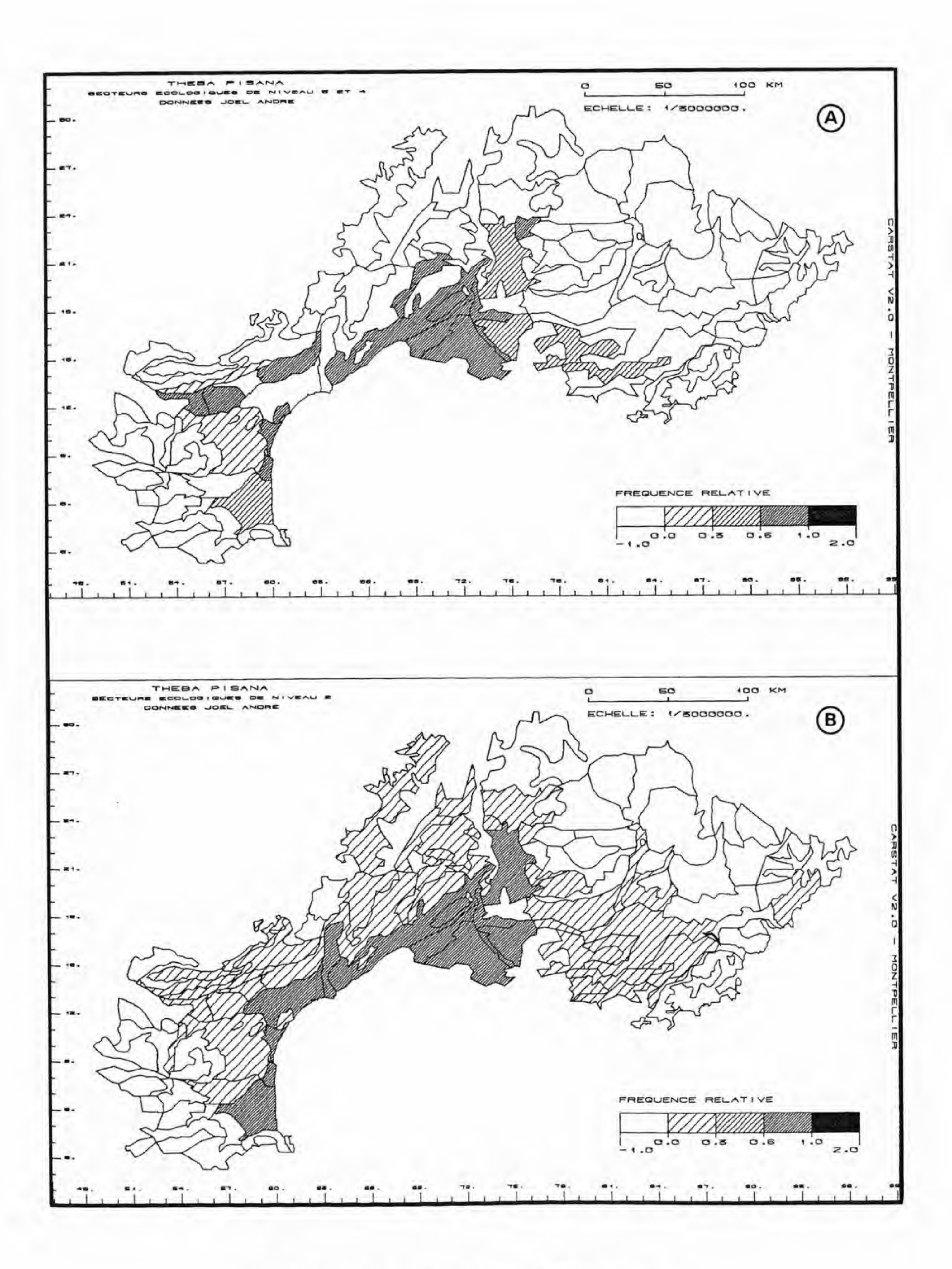


Figure 5 : Modèle de répartition de *Theba pisana*.

c) Modèles d'aires limites.

Helix pomatia – fig.6a et 6b.

Dans la région méditerranéenne seuls les secteurs IXB17d (Plaine de la Durance) et IXB12a (Tricastin) contiennent l'espèce, dans les autres grandes régions écologiques ce sont essentiellement les secteurs des Massifs préalpins qui sont peuplés (fig. 6a). L'espèce atteint le littoral dans le secteur VIIIA17a' (préalpes niçoises, secteur oriental à Carpinus carpinifolia). La représentation au niveau de hiérarchie II, donne une idée (fig. 6b) de ce que pourrait être le domaine d'expansion (sous réserve) de l'espèce. Cette zone constitue une hypothèse de travail dans le cadre d'une réintroduction de cette espèce en nette régression en France. Un certain nombre de tentatives isolées, d'amateurs d'escargots de Bourgogne montre que dans l'arrière-pays de Montpellier (IXB4a' : garrigues Nord montpelliéraines à chênaie mixte, chêne vert et pubescent) l'animal se reproduit et croît dans de bonnes conditions (communications de plusieurs éleveurs dont un de la commune d'Aumelas très près de Montpellier).

Ce recoupement met en relief l'intérêt de la carte au niveau II, soit pour des perspectives fondamentales (biogéographie) ou appliquées (gestion de faune et développement).

Sphincterochila candidissima – Fig. 7a et 7b.

Cette espèce, très curieuse sur le plan de la répartition, présente deux aires disjointes, d'une part à l'Est du Rhône et d'autre part en Espagne à partir de la Catalogne. La figure 7a présente la répartition française, limitée à l'Est du Rhône à sept secteurs de la zone des garrigues provencales et un secteur de plaine (IXA2a, plaine alluviale du Comtat). A l'Ouest du Rhône, seul le secteur IXB3a (garrigues nîmoises sur calcaires compacts) est peuplé par S. candidissima. La représentation au niveau II (fig. 7b) montre de façon spectaculaire les potentialités de répartition de l'espèce. Cette carte est d'un grand intérêt en tant que modèle d'expansion, elle indique que sur le plan écologique il n'y a pas d'obstacle majeur à la colonisation. Elle pose donc de façon claire, la signification du hiatus dans la répartition dont les causes sont à rechercher parmi les facteurs historiques. Par ailleurs d'autres groupes fauniques d'arthropodes ont le même modèle de distribution.

Cepaea nemoralis – fig. 8a et 8b

La carte (fig. 8a) illustre les deux grands pôles de répartition d'une espèce médio-européenne à la limite méridionale de son aire d'extension. On comprend sur cette figure l'influence des massifs montagneux pyrénéens et alpins avec leurs piedmonts, qui contribuent à déterminer deux grands foyers de distribution, avec au centre une lacune importante liée au caractère biolimatique méditerranéen et aux altitudes faibles. Cette lacune est cependant exagérée par un échantillonnage insuffisant dans cette région (garrigues montpelliéraines, basses Cévennes calcaires).

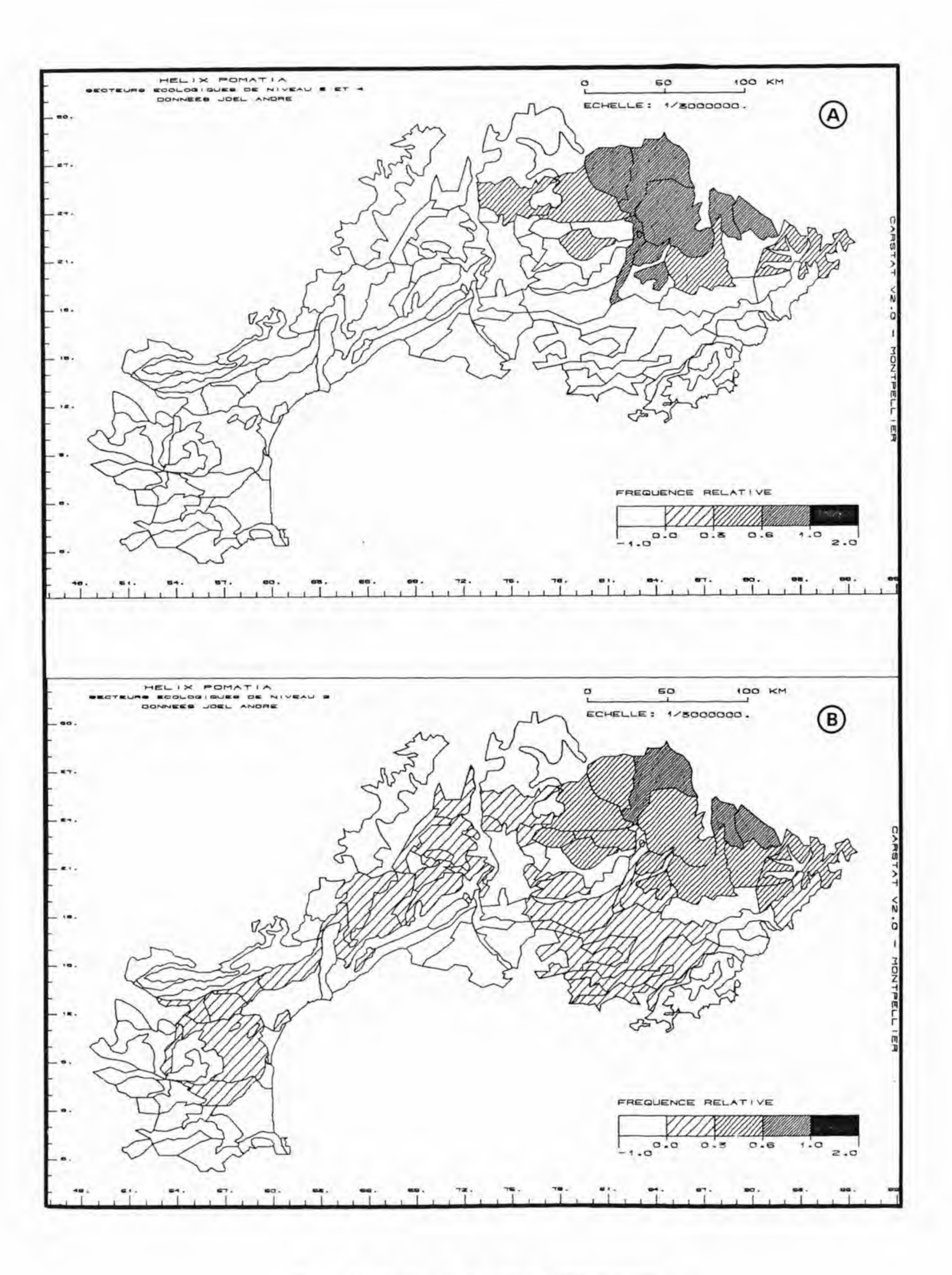


Figure 6 : Modèle de répartition d'*Helix pomatia*.

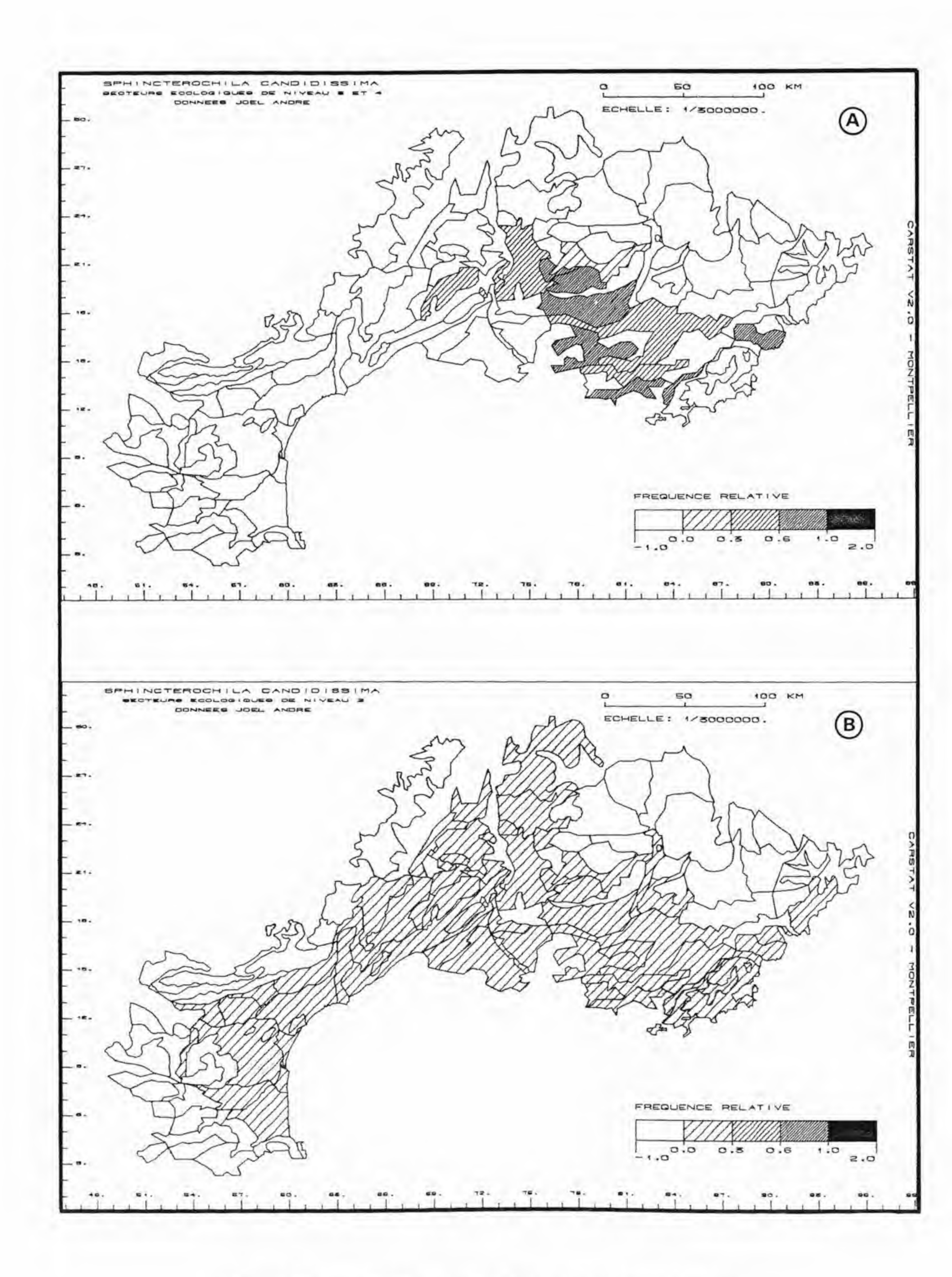


Figure 7 : Modèle de répartition de *Sphincterochila candidissima*.

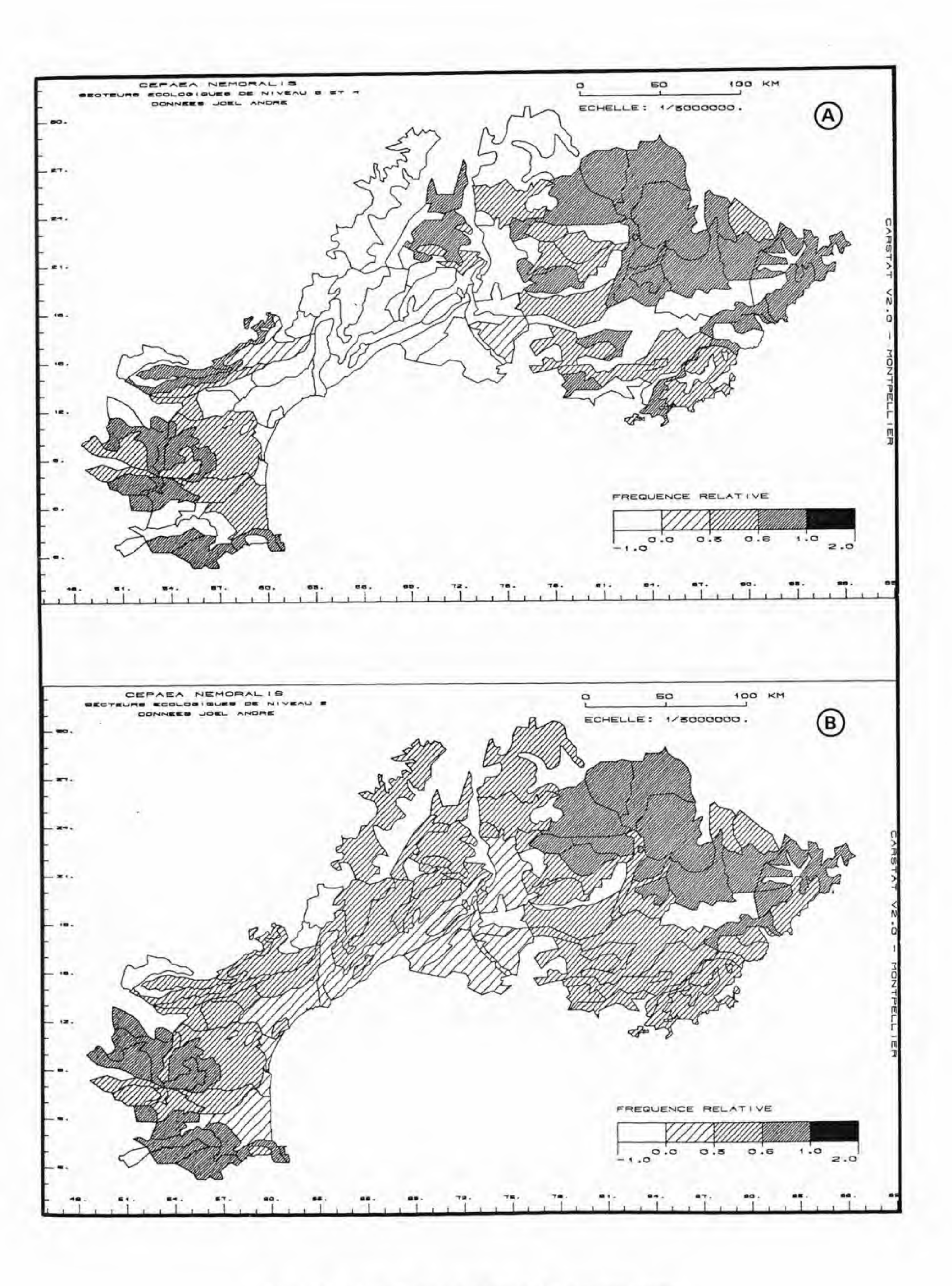


Figure 8 : Modèle de répartition de *Cepaea nemoralis*.

Ceci correspond aussi à un état du chargement de ZOOGEGO. Les chargements ultérieurs corrigeront cet état dû aux données initiales. Cependant il est utile de raisonner sur ce cas de figure où les données sont incomplètes. Ainsi la figure 8b permet d'illustrer de façon plus conforme aux travaux antérieurs (ANDRE J., 1973 ; 1975 ; 1979) la véritable répartition de C. nemoralis. Il faut toutefois remarquer un excès de potentialité figuré dans la plaine littorale du Bas-Languedoc (IXA3a) et la basse plaine de l'Hérault (IXA3b). Cet excès est dû à la prise en compte de la répartition dans l'ensemble du secteur IXA (plaines alluviales), parce que l'espèce est présente dans les secteurs IXA5 (plaine du Roussillon) et IXA7 (Crau). Mise à part cette petite erreur le modèle est très satisfaisant.

d) Modèle de richesse spécifique : fig. 9a et 9b.

La richesse dans son expression la plus simple, nombre d'espèces par secteurs de niveau III et IV ou de niveau II, est représentée avec le même principe de tramage que précédemment.

La représentation par secteur de niveau III et IV (fig. 9a) est assez peu explicite, ceci est relatif à l'échantillonnage des secteurs qui n'est pas homogène puisqu'il n'a pas été réalisé sur ce canevas. La représentation au niveau II, met en évidence la richesse importante de la plaine alluviale et de la grande zone des garrigues (IXA et IXB) avec 30 à 50 espèces récoltées. Il s'agit des espèces récoltées à vue, selon un protocole standardisé qui ne peut pas permettre les prises en compte des micro-espèces. Cette carte fait aussi apparaître les secteurs plus pauvres, notamment le secteur IDX (zone cristalline orientale : Maures, Esterel, Tanneron, Argens, plaines de Cogolin, St Tropez, Mandelieu). Elle met en relief aussi la pauvreté des secteurs pyrénéens (zone axiale versant nord, secteurs de l'Ouest) et des massifs préalpins. Enfin quelques secteurs non échantillonnés se signalent par l'absence de tramage :

IXB5,	basses Cévennes calcaires ;
IXA1,	basse vallée du Rhône ;
IXA2b,	petite Crau ;
IXB23,	alpilles;
IXB22,	collines calcaires de l'étang de Berre ;
VIID3,	chaine du Lubéron ;
IXB17B	bassin de Forcalquier ;
VIIIA18	plan de Canjuers ;
VIIIA17b,	préalpes de Grasse ;
IXB28,	basses vallées des Alpes Maritimes.

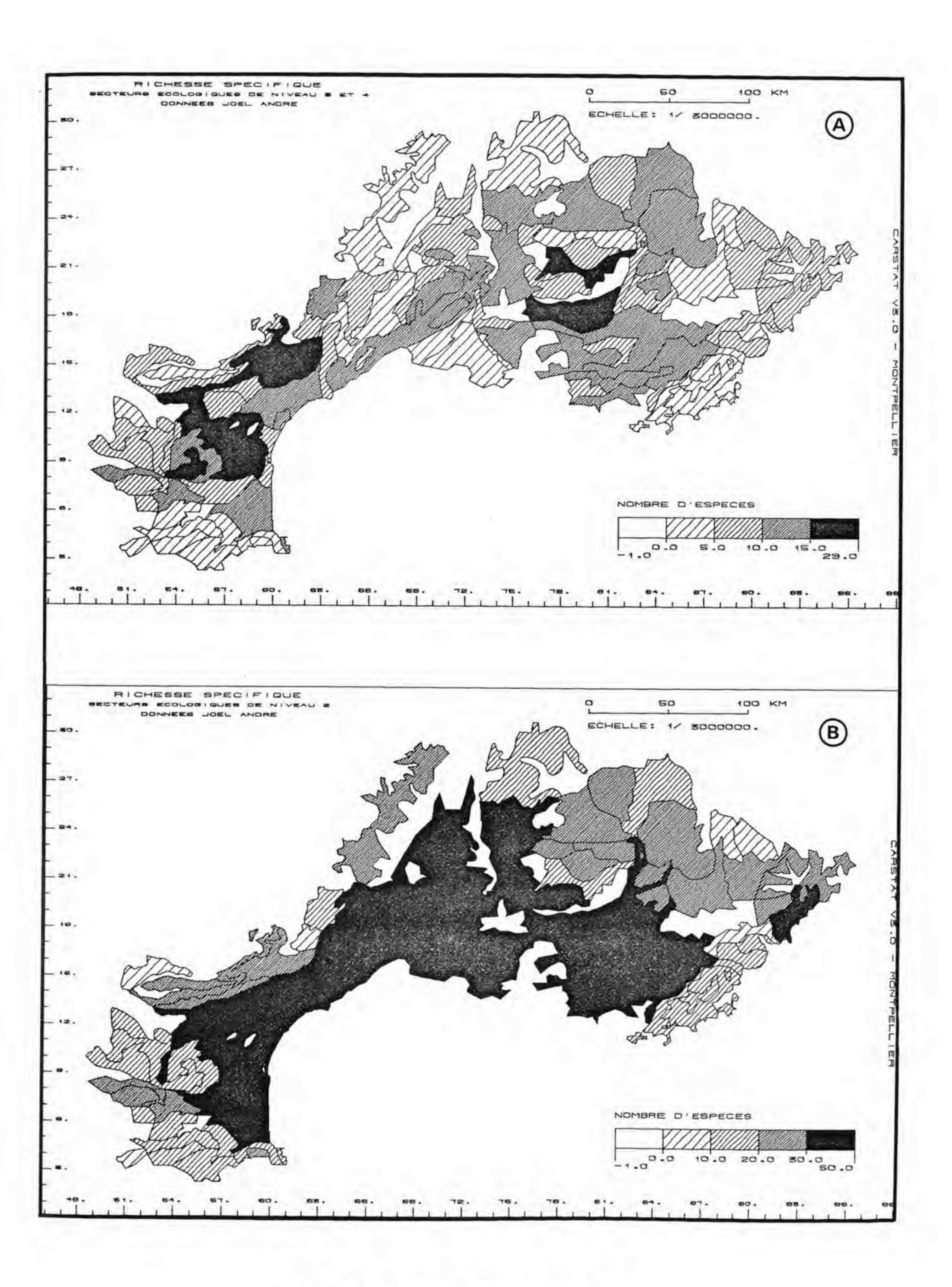


Figure 9 : Modèle de richesse spécifique.

CONCLUSION.

La volonté de la prise en compte de données écologiques nombreuses, dans le cadre d'un inventaire national, repose sur les résultats obtenus dans le cadre de recherches sur la péninsule ibérique et la France méditerranéenne. Ces résultats, d'ordre biogéographique, permettent de proposer un découpage d'espaces fauniques caractéristiques issus de calculs statistiques et de sélection de variables actives. Ces mêmes résultats ont conduit à déterminer la structure conceptuelle de la banque ZOOGECO destinée à recueillir les données factuelles d'inventaires d'invertébrés mais aussi de vertébrés. Les données de la région méditerranéenne française, reformatées, ont été chargées dans ZOOGECO. Elles permettent la mise en évidence de l'intérêt d'un inventaire écologique pour la caractérisation d'espaces d'intérêt faunique. Les premiers résultats sont des résultats bruts. Ils ne sont que l'expression simple, sans aucun calcul, des données de répartition spécifique. Le choix de quelques modèles typiques de répartition, montre l'intérêt que peuvent présenter des cartes, même simples, dans le cadre de recherches fondamentales ou appliquées. Les figures qu'elles imposent, les potentialités qu'elles expriment ou les hypothèses qu'elles suggèrent sont autant d'éléments à ajouter en faveur de l'utilisation des inventaires écologiques.

Il faut noter que l'inventaire écologique est le seul moyen de prendre en compte de multiples données permettant de mieux comprendre l'évolution des peuplements en fonction de l'espace et du temps. Nous n'avons présenté ici que des données élémentaires à titre démonstratif. Le calcul de l'écologie des espèces et la prise en compte : "écologie de l'espèce/variables écologiques" aurait permis de corriger les aberrations signalées au niveau II. Enfin le croisement "peuplement/variables écologiques" représente des perspectives qui devraient permettre la matérialisation cartographique d'indices très pertinents de la "valeur faunique".

BIBLIOGRAPHIE.

ANDRE (J.), 1973. - *Recherches écologiques sur les populations de* Cepaea nemoralis *L. du Languedoc et du Roussillon.* Thèse de spécialité, Paris VI : 148 p.

ANDRE (J.), 1975. - Ecologie du Gastéropode terrestre Cepaea nemoralis Linné en Languedoc et en Roussillon. *Vie et Milieu*, XXV (1), sér C : 17-47.

ANDRE (J.), 1979. - Cepaea nemoralis Linné 1758. *Documents pour un atlas zoogéographique du Languedoc-Roussillon*, ISSN 0181-1819, 5 : 1-4.

ANDRE (J.), 1984 a. – Biogeographical studies on the terrestrial molluscs of the bioclimatological region of the Mediterranean parts of the Iberian Peninsula and France. *World-Wide snails*, Brill/Backhuys, Leiden : 207–223.

ANDRE (J.), 1984 b. – *Rapport final de la Convention D.B.M.I.S.T. n°2082. La banque de données bibliographiques et factuelles ZOOGECO*. Lab. de Zoogéographie, Université de Montpellier III et D.B.M.I.S.T. : 94 p.

ANDRE (J.), 1986 a. – *Rapport final de la Convention D.B.M.I.S.T. n°8511. La Banque de données bibliographiques et factuelles ZOOGECO*. Lab. de Zoogéographie, Université de Montpellier III et D.B.M.I.S.T. : 66 p.

ANDRE (J.), 1986 b. – *Inventaire National des Mollusques terrestres*. Lab. de Zoogéographie, Université Montpellier III et Secrétariat Faune Flore, Paris : 81 p.

ANDRE (J.), sous presse. – ZOOGECO, une banque de données pour répondre aux besoins en informations fondamentales et appliquées dans l'étude et la gestion de l'environnement et de l'espace. in : *Premières journées d'étude des producteurs français de banques de données biologiques factuelles*. Ed. D'OLMO, St Laurent du Var : 147–157.

DAGET (Ph.), GODRON (M.), 1982. – *Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés*. Masson, Paris : 163 p.

DUPIAS (G.), REY (P.), 1980. – *Carte des régions écologiques de France*. Service de la carte de végétation, C.N.R.S. Toulouse, 2 cartes, 1 notice.

GODRON (M.), DAGET (Ph.), EMBERGER (L.), LONG (G.), LE FLOC'H (E.), POISSONET (J.), SAUVAGE (Ch.), WACQUANT (J.P.), 1968. – *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. C.N.R.S. Paris : 291 p.

LEBART (L.), MORINEAU (A.), TABARD (N.), 1977. – *Techniques de la description statistique*. Dunod, Paris : 351 p.

MAURIN (H.), 1986. – *Conception et organisation d'un système d'information sur le patrimoine naturel*. Thèse de spécialité, Université de Rennes I : 346 p.



Source : MNHN, Paris

THE NATURE CONSERVANCY COUNCIL'S INVERTEBRATE SITE REGISTER.

Dr STUART G. BALL

Nature Conservancy Council
Northminster House
Peterborough, PE1 1UA
UNITED KINGDOM

I. INTRODUCTION.

Under a series of Acts of Parliament, culminating in the Wildlife and Countryside Act of 1981, the Nature Conservancy Council (NCC) has been given the task of identifying and administering a national series of sites, the conservation and management of which is intended to maintain the diversity of Britain's natural flora and fauna. **National Nature Reserves** (NNRs) are sites over which the NCC has direct control through ownership, lease or management agreement, whilst **Sites of Special Scientific Interest** (SSSIs) enjoy statutory protection, but their management is decided by negotiation with the site owner and usually carried out by him or her.

In Ratcliffe (1977) the philosophy and criteria behind the choice of the key sites is explained in detail ; essentially they are chosen as a representative series of semi-natural habitats which contain typical communities of plants and animals and also include population of scarcer species and examples of more unusual habitats. The criteria for the selection of SSSIs have not yet been published, but will be similar. The site selection process has been based very largely upon an analysis of the vegetation and physical environment with rather less emphasis on animal communities, except for some vertebrates. Until recently invertebrates have been given a low priority because it was believed that there were too many species, they were too difficult to identify and the biology and distribution of a large proportion was too poorly known. In addition, it was believed that, by selecting sites on general habitat grounds, invertebrates would be conserved anyway.

However, it has become increasingly clear that many species amongst the butterflies and dragonflies, the best known invertebrates, have undergone serious decline in the last few decades leading to extinction in some cases (Table 1). This situation is mirrored in other groups where there is reasonable knowledge of status and distribution and there is every reason to believe that many less conspicuous species are declining unnoticed.

Ideally invertebrates should be treated in the same way as any other biological interest in the site selection process ; that is, sites would be chosen which include a representative range of invertebrate communities. Unfortunately the typical invertebrate fauna of most habitats in most geographical areas is as yet poorly documented. In these circumstances the presumption must remain that the commoner species will occur on sites chosen on general habitat grounds, and emphasis must be placed on ensuring that the scarcer species are represented. In addition a number of habitats have been identified which have specialised invertebrate faunas, but may be of limited importance for other biological interests, and proper representation of these on protected sites is also necessary. Examples are shingle beds beside rivers, seepages on soft-rock cliffs and large dead and dying trees.

	Butterflies	Dragonflies
Number of resident species	55	38
Migrants which regularly breed	Colias croceus Vanessa atalanta Cynthia cardui	-
New breeding species since 1940	-	Aeshna mixta[6]
Increased in range since 1940	Thymelicus acteon Gonepteryx rhamni[1] Anthocharis cardamines[1] Quercusia quercus Ladoga camilla Polygonia c-album[1] Pararge aegeria[1] Pyronia tithonus[1]	Anax imperator Sympetrum sanguineum
Decreased in range since 1940	Carterocephalus palaemon Erynnis tages Pyrgus malvae Leptidea sinapis Thecla betulae Strymonidia w-album[2] Cupido minimus Plebejus argus Aricia agestis A. artaxerxes Lysandra coridon L. bellargus Hemearis lucina Boloria selene B. euphrosyne Argynnis aglaja A. paphia Eurodryas aurinia Hipparchia semele[3]	Calopteryx virgo[7] Ceriagrion tenellum[7] Brachytron pratense Sympetrum danae[7]
RDB (Threatened)	Hesperia comma Papilio machaon Nymphalis polychloros[4] Argynnis adippe Melitaea cinxia Mellicta athalia	Coenagrion hastulatum C. mercuriale Lestes dryas Aeshna isosceles Somatochlora arctica Libellula fulva Leucorrhinia dubia
Extinct since 1940 (year last recorded)	Maculinea arion[5] (1979)	Coenagrion armatum (1957) C. scitulum (1953) Oxygasta curtisii (1950s)

Notes

[1] These species appear to undergo large, long-term population fluctuations in Britain which particularly affect populations in the north. They are currently increasing in range northwards.

[2] Underwent a severe decline in the south of England because of Dutch Elm disease, but possibly increasing in the northern part of its range.

[3] Still widespread on the coast, but many inland colonies have been lost or are in decline.

[4] It is unclear whether this species can still be regarded as a British resident, or whether it is now only an occasional immigrant which establishes temporary breeding populations.

[5] Re-introduced from Swedish populations in 1986-87.

[6] Used to be a migrant to Southern and Eastern England, but is now well established as a breeding species.

[7] These species have disappeared from areas in the east of their range, but are still widespread in the west.

Table 1 : Changes in the status and distribution of Butterflies and Dragonflies in Britain since 1940.

Source : MNHN, Paris

As a vital first step to improve the conservation of invertebrates it is necessary to collate the relevant information and make it available to others in the conservation movement. There is actually a great deal of information available on the distribution and biology of a wide range of invertebrates, but the published material is widely scattered in national and local entomological journals and there is much unpublished material in museum collections, local record centres, county conservation trust and the collections, notebooks and personal experience of amateur naturalists.

The **Invertebrate Site Register** (ISR) was established in 1980 to attempt to collate both the published and unpublished information and to use it to improve the position of invertebrates in the site selection and management process. The aims of the ISR are as follows :

1 – To identify, document and evaluate sites of importance for the conservation of invertebrates in Great Britain.

2 – To provide a clear statement on the invertebrate fauna of individual sites which can be used to strengthen the scientific basis of site defence and planning for site management compatible with retaining this fauna.

3 – To maintain up to date statements on the national and regional status, ecology and conservation of British invertebrate species.

4 – To increase liaison betwenn invertebrate zoologists and NCC staff at all levels and to facilitate the interchange of advice and information, particularly so that future survey effort can be encouraged where it is most needed.

5 – To supply progress reports on invertebrate conservation to invertebrate zoologists and other interested bodies and individuals.

The ISR involves three interlinked tasks :

1 – Identify the scarcer species and collate what is known of their biology, ecological requirements and conservation management. (**National Species Reviews**).

2 – Document the invertebrate fauna of the major habitat formations around Britain and identify species which show strong associations with ancient, intact or high quality examples (Habitat Reviews – not yet underway).

3 – Identify the sites that invertebrate biologists believe are important and document what is know of their invertebrate fauna, concentrating on recent records and species which are scarce or show strong habitat associations. (**County ISR reports**).

As a separate project, a computerised **Entomological Bibliography** has been established which catalogues the main national and local entomological journals. Each article, from 1930 onwards, is keyworded by Order, location, county, habitat and subject so that it is possible to gain access quickly to the published literature on a particular topic.

II. NATIONAL SPECIES REVIEWS.

The method adopted for National Species Reviews is to start by using the comments in readily available literature, such as Royal Entomological Society Handbooks and other major taxonomic works, to estimate the status of each species. This is then sent to as many specialists in the group as possible (both professional and amateur) for comment. The statuses are then revised to represent a consensus of their views and information on the species identified as rarities is sought by visiting collections, searching the literature and corresponding with specialists. This process usually results in many more adjustments being made as information accumulates. Finally a "data-sheet" is written for each species with headings such as Status, Biology, Habitat, Management requirements and Conservation. These may then be sent back to the appropriate specialists for editing before finally being produced as a report. Figure 1 shows an example of a data-sheet from a National Species Review.

An **Insect Red Data Book** (Shirt, 1987) was initiated by the Joint Committee for the Conservation of British Insects at about the same time that the ISR started. A series of commitees, in consultation with many leading specialists, identified threatened insect species and produced detailed data-sheets on the rarest. A further RDB is now in preparation covering non-insect invertebrates (Centipedes, Millipedes, Woodlice, Spiders, etc.).

These works have resulted in the definition of a number of rarity categories which form a hierarchical series. Species in the RDB are considered "Threatened" and are placed in various categories depending on the degree of threat (which is not necessarily correlated with rarity). The categories are defined as follows (Shirt, 1987) and closely follow those used by the International Union for the Conservation of Nature :

ECTOBIUS PALLIDUS NOTABLE B
Tawny Cockroach

Order DICTYOPTERA Family PSEUDOMOPIDAE

Ectobius pallidus (Olivier)

DISTRIBUTION A predominantly south-eastern species, with a large proportion of the records coming from Kent, Sussex, Surry, Hampshire and the Purbeck area of Dorset. It extends along the south coast to Cornwall, and is also found on the Gower Peninsula in Glamorgan. With the exception of this last-named county, there are no recent records north of London.

HABITAT AND ECOLOGY Found in a wide range of habitats, including woodland, heathland, downs and sand dunes. Most localities are sheltered, sunny and well-drained. A typical site would have both open areas with low vegetation and areas of longer grassy or heath vegetation, not infrequently with some scrub. It is primarily a ground-dwelling insect, but can sometimes be found on trees and bushes, particularly in warm weather or at night. Both sexes can fly. Eggs are produced in groups in oothecae, and are deposited on the ground. There is a prolonged resting phase, and they hatch in the following spring. Nymphs hibernate while only part-grown, and mature in the spring of the following year. Adults are found from late May or June until September or early October. Omnivorous.

STATUS Well-distributed within its range, but local or very local. Seemingly far more frequent in the southern and eastern counties of Kent, Sussex, Surrey, Hampshire and the eastern part of Dorset. Further to the west records are more sparse and distinctly coastal, but the species may be under-recorded in this area.

THREATS Loss of suitable habitat to urban development and road building is significant in some parts of the range, particularly in the London area and some parts of the south coast. Agricultural improvement and conversion of marginal land to arable remains a problem in some areas. Conifer plantations, and dense plantations of broadleaved trees, render habitat unsuitable by shading. Invasion of heathland by pine and birch following cessation of grazing and reduction in rabbit populations through myxamotosis is in some areas, for example parts of Surrey, now sufficiently dense to be deleterious. Uncontrolled burning of heathland kills the insects and can render the vegetation too short and exposed to be suitable, particularly if often repeated. Close mowing and intensive grazing are likewise deleterious.

CONSERVATION The species is fairly catholic in its habitat tastes, and is probably limited more by climate and drainage than by more precise site conditions. It is tolerant of, and may benefit from, some degree of scrub invasion in more open habitats, and management should aim to retain a mosaic of vegetation structure which includes open sunny areas with low vegetation and areas of reasonably tall rough vegetation. In woodland, the insect is more or less confined to open sunny rides, clearings and edges, and these should be maintained and not allowed to become too scrubbed or shaded.

Figure 1 : Example of a data-sheet from a National Species Review.

Source : MNHN, Paris

Category 1, Endangered	Taxa in danger of extinction and whose survival is unlikely if the causal factors continue to operate.
Category 2, Vulnerable	Taxa believed likely to move into the Endangered category in the near future if causal factors continue operating.
Category 3, Rare	Taxa with small populations that are not at present Endangered or Vulnerable, but are at risk.
Category 4, Out of danger	Taxa formery meeting the criteria of one of the above categories, but which are now considered relatively secure because effective conservation measures have been taken or the previous threat to their survival has been removed.
Category 5, Endemic	Taxa not known to occur naturally outside Britain.
Appendix	Taxa which were formely native in Britain, but have not been recorded since 1900.

The National Species Reviews identify scarce species by considering their geographical distribution. **Notable** species are defined as those occuring in 100 or less of the 10Km squares of the national grid (out of about 2,860 squares containing land in England, Scotland and Wales). This criterion can be applied directly to a few well-recorded groups, but in most cases the degree of recording of each group must be taken into account and the threshold value accordingly, or a coarser measure such as the number of vice-counties (Dandy, 1969) from which a species has been recorded used instead. In a few better known groups (Orthoptera, Macro-lepidoptera and Coleoptera) a further distinction has been made between **"Notable A"** (expected to occur in 30 or fewer 10Km squares) and **"Notable B"** (expected to occur in 31-100 10Km squares) species.

Many species show marked changes in status over the British Isles and this needs to be considered when assessing the regional or local importance of sites, therefore **"Regionally Notable"** species have been identified in some areas. These are defined as species occuring in five or fewer 10Km squares in a substantial region of the country (containing at least 100 10Km squares). The regions have been defined

pragmatically as areas with a well established tradition of local recording. For example the pre-1974 county of Yorkshire (vice-counties 61-65, including about 190 10Km squares) has a very strong history of biological recording by the Yorkshire Naturalists' Union and the local status of many species is well understood.

Reviews have been completed for Lepidoptera, Orthoptera and Mollusca, and are nearing completion for Coleoptera and Diptera (due early 1988). Work has started on most remaining insect groups and the spiders, partly under contract to other organisations such as the Institute of Terrestrial Ecology (ITE).

Because butterflies are by far the best known invertebrate group, a great deal of information has been collected and a number of research projects initiated. As part of the commissioned research program a National Butterfly Monitoring Scheme records the abundance of butterflies on over 80 sites using a standard transect walk (Pollard, Hall & Bibby, 1986). This enables changes in status to be monitored nationally to a consistent standard. A "Butterfly Site Register" is being produced for the richest counties in southern England and detailed auto/ecological work and studies on site management have been undertaken, partly under contract to ITE. Detailed work of this kind has also been initiated on some rare Macro-lepidoptera and on the Wart-biter (Decticus verrucivorus).

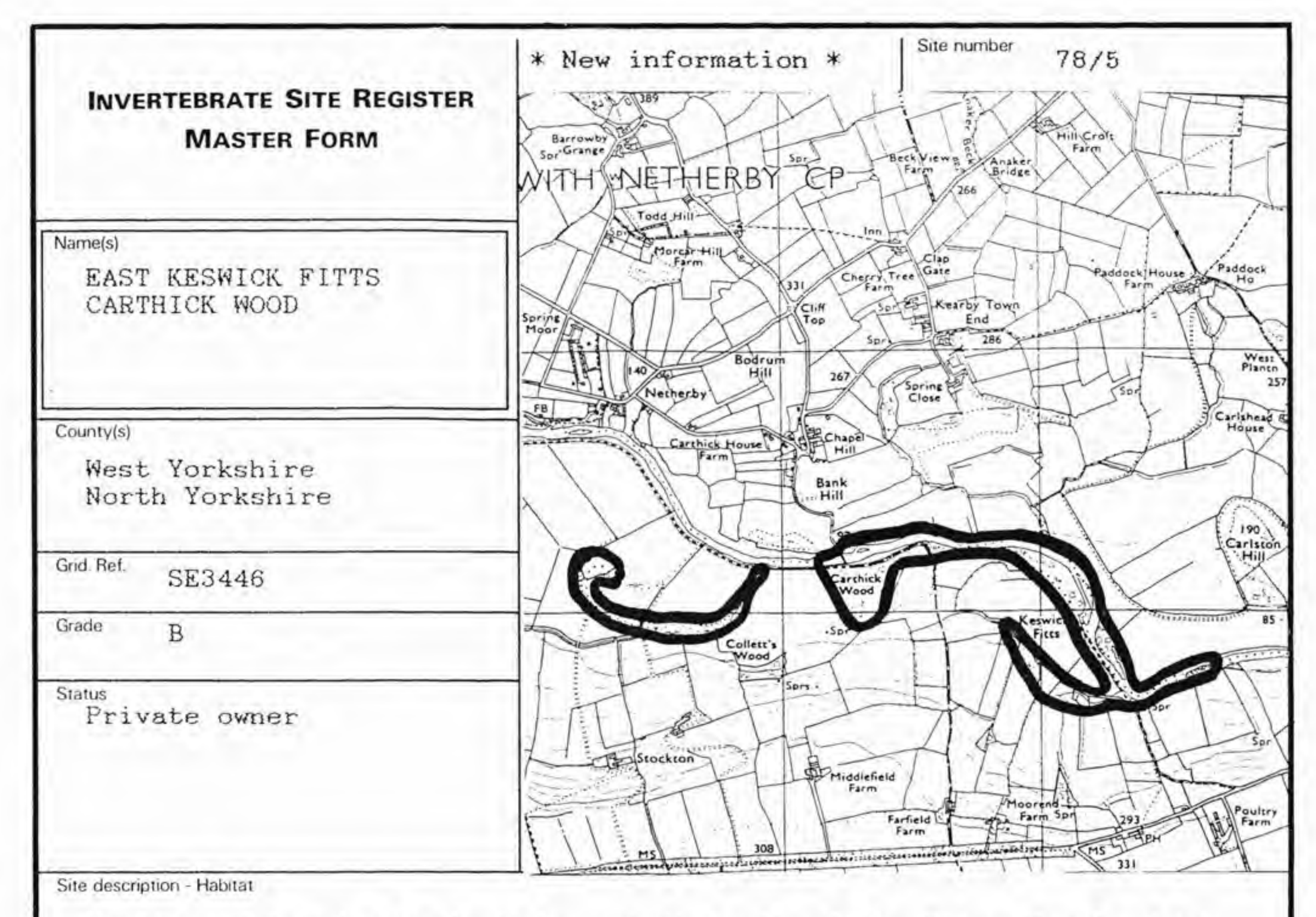
III. COUNTY ISR REPORTS.

These collate information, county by county, about the invertebrate fauna of sites considered to be important by invertebrate biologists. Information is collected by contacting as many local naturalists as possible, through mailing lists published by national and local societies, and asking them to identify sites they think are important and list what they have found there. Information is also sought in the literature, in local and national collections, in the files of NCC, county conservation trusts, record centres (including the National Biological Record Centre), and in the records and collections of specialists. A summary sheet for each site is produced describing and mapping the site, indicating what recording has been done, and commenting upon conservation and management issues, together with a list of the scarcer species that have been found there. Figure 2 and 3 show examples of a master sheet and the accompanying species list.

The importance of each site is evaluated on a four point scale :

A - Nationally important.

B - Regionally important.



INVERTEBRATE SITE REGISTER
MASTER FORM

* New information *

Site number 78/5

Name(s)
EAST KESWICK FITTS
CARTHICK WOOD

County(s)
West Yorkshire
North Yorkshire

Grid Ref. SE3446

Grade B

Status
Private owner

Site description - Habitat

Partly vegetated shingle beds on both banks of the River Wharfe which is mostly banked with earth cliffs at this point. Considerable area of open sand and shingle, some in ridges separated by sandy hollows. Small backwaters from the Wharfe with bare mud. Developing willow carr at landward edge. Until recently the site was connected to an extensive marshland in the remains of an ox-bow in an adjacent field which has since been drained. There are also extensive Carex beds with abundant litter buildup, presumably in an old river channel. There appears to be continual accumulation of driftwood at the eastern end of the site, at the bend in the river.

Invertebrate Interest - Coverage

Only recently discovered by entomologists. An outstanding fauna of Diptera & Coleoptera associated with this type of habitat including some nationally rare species. The assemblage of Dolichopodidae and Empididae is particularly rich, resembling that discovered by Collin in the River Monnow in Gwent, now regarded as a "classic" locality for the group. A number of coleoptera associated with older woodland have been recorded from Carthick Wood and old trees in hedges arround the Fitts.

Comments - Conservation

The mobility of the shingle and sand beds necessitates a greater length of river bank be protected than merely the current extent of sand and shingle. With the destruction of Castley Ford Sand Beds, this area may prove to be the most significant for riparian shingle in this part of Yorkshire. Invasion by Impatiens glandulifera may be a problem but native vegetation does not so far seem to have been ousted. There has recently been much felling at Carthick Wood. An area of abandoned river channel to the west of the area visited by entomologists appears, from a distance, to be botanically similar and should be investigated entomologically.

Figure 2 : Example of the master sheet for a site in a County report.

[illegible] database — EAST KESWICK FITTS — 19 NOV 1987

RDB1

Platypalpus subtilis (Collin)	DIP:Empididae	1980-	Crossley, Mr R.

RDB3

Orthotylus virens	HEM:Miridae	1978	Crossley(1979)
Bibloporus minutus Raffray,1914	COL:Pselaphidae	1978	Crossley, Mr R.
Macroplea appendiculata (Panzer,	COL:Chrysomelidae	1974	Crossley, Mr R.
Thereva lunulata Zetterstedt	DIP:Therevidae	1980-	Crossley, Mr R.

Na

Tropiphorus obtusus (Bonsdorff,1	COL:Curculionidae	1979	Flint(1986)
Melangyna triangulifera (Zetters	DIP:Syrphidae	1986	Key, Dr R.S.
Determined by P Skidmore			
Habitat indicator of Deciduous & mixed wood (2)			

Notable/Nb

Acalles roboris Curtis,1835	COL:Curculionidae	1983	Crossley, Mr R.
Aegialia sabuleti (Panzer,1796)	COL:Scarabaeidae	1986	Key, Dr R.S.
Stenostola dubia (Laicharting,17	*COL:Cerambycidae*	*1949*	*Aubrook, Mr E.W*
Habitat indicator of Deciduous & mixed wood (3)			
Hilara woodi Collin	DIP:Empididae	1980-	Crossley, Mr R.
Myopa tessellatipennis Motschuls	DIP:Conopidae	1979	Crossley, Mr R.
Rhaphium nasutum (Fallen)	DIP:Dolichopodidae	1986	Key, Dr R.S.
Determined by P Skidmore			
Rhaphium rivale (Loew)	DIP:Dolichopodidae	1986	Key, Dr R.S.
Determined by P Skidmore.			

Nr

Calopteryx splendens (Harris,178	ODO:Agriidae	1985	Key, Dr R.S.
Banded demoiselle			
Dictyla convergens	HEM:Tingidae	1978	Crossley(1979)
Stenus comma LeConte,1863	COL:Staphylinidae	1979	Flint(1986)

Local

Bitoma crenata (F.,1775)	COL:Colydiidae	1955	YNU Records
Habitat indicator of Deciduous & mixed wood (2)			
Bledius subterraneus Erichson,18	COL:Staphylinidae	1986	Key, Dr R.S.
Endomychus coccineus (L.,1758)	COL:Endomychidae	1980-	Crossley, Mr R.
Habitat indicator of Deciduous & mixed wood (3)			
Ochthephilus omalinus (Erichson,	COL:Staphylinidae	1980-	Crossley, Mr R.
Sinodendron cylindricum (L.,1758	COL:Lucanidae	1979	Crossley, Mr R.
Rhinoceros beetle			
Habitat indicator of Deciduous & mixed wood (3)			
Atherix ibis (F)	DIP:Rhagionidae	1984	Crossley, Mr R.

[illegible] species listed
Invertebrate Index = 900

Figure 3 : Example of the species list accompanying a master sheet in a County report. The species are listed by status category and then alphabetically within each order.

C – Potentially important. A site which may rate A or B is not well enough known to judge – amounts to a recommendation for further survey.

D – Locally important.

Many sites remain ungraded. These are localities about which there is minimal information, or only old information.

The site evaluation procedure is essentially a matter of expert judgement, made by an experienced invertebrate biologist, with the number of rare species recorded from a site used as a starting point. This is quantified through a simple scoring system – the **Invertebrate Index** – which is the sum of the score for each of the species recorded from the site since 1950. RDB category 1,2,3 and 5 species score 100, Notable A and RDB category 4 species 50, Notable and Notable B species 40, and Regionally Notable species 20.

In the early days of the ISR, when a very limited range of species had been given statuses, straight forward threshold values for sites to qualify as "A" or "B" were defined. It became apparent that this was unworkable because the number of rare species recorded from a site is strongly dependent on the amount of recording effort as well as on the quality of its fauna.

Recording effort cannot readily be quantifed from the available data and correcting for it is a matter of judgement. Sites which have received very limited attention cannot be graded higher than "C", ie. having potentiel but in need of more survey work. Reasonably well recorded sites (those which have been visited by more than one specialist in more than one season, using several different collecting techniques) can be grouped by habitat and geographical area and ranked within such groupings by their Invertebrate Index. Those which come near the top are then candidates for "A" or "B" grading. However, some sites are exceptionally well recorded because they happen to be convenient for invertebrate biologists to visit ; the grounds of entomological field stations are a good example. Such sites may need downgrading if they appear to have no special features other than exceptionally heavy recording.

Nationally important sites usually stand out and will be picked out by many specialists as key sites for a variety taxonomic groups. Most already have some sort of protected status because of other biological interests they contain.

Regionally important sites are more difficult to identify and when doing so one must bear in mind the purpose of the exercise, ie. to assess whether additional sites need protection in order to represent scarce invertebrates, or scarce habitat features of importance to invertebrates. It is therefore necessary to look at the top

ranked sites for a particular habitat in a region to see which are already protected and consider whether additional sites need protection to cover the scarcer species and features which occur in that area.

The first phase of County reports for Scotland and Wales have been completed and information on all English counties has been gathered, although not all the reports have yet been produced. (Northern Ireland, the Isle of Man and the Channel Isles are not covered by NCC).

IV. THE ISR DATABASE.

One of the problems with the ISR project is that the various strands are so closely interlinked - Species Reviews rely on collating information on the status and distribution of species, whilst County Reports seek to document the interesting species that occur on sites. As information accumulates, the assessment of species statuses changes, which in turn affects the assessment of sites.

It was clear from very early on in the project that a computerised system would be the ideal way of handling the large amounts of data in an integrated way and allow it to be continually updated. Therefore, a database has been developed using Revelation database management software on a Compaq Deskpro 5 micro-computer. This allows the production of County ISR reports directly from the stored data and makes information on species distributions readily available.

Table 2 shows the current size of the database and the files which it contains and Figure 4 shows the geographical distribution of the information which is currently held. Recent County ISR reports, covering counties in northern England, the East Midlands, East Anglia and south-west England, have all been produced directly from the computerised database and data for the few remaining English counties is on the computer, although the reports have not yet been produced. The earlier County ISR reports are not yet incorporated, but a two years project has recently started to get the backlog on the computer and to bring the older ones up to date.

Some of the data-sheets for the current round of Species Reviews are being produced on the computer and it is hoped that the data-sheets from earlier reviews and the RDB can be integrated in due course when sufficient storage capacity is available (they are already in machine-readable form in NCC's wordprocessors).

In time the ISR database should become a major source of information for invertebrate conservation and some data (site location ; species status and biology information) will become widely accessible to NCC staff through the national computer

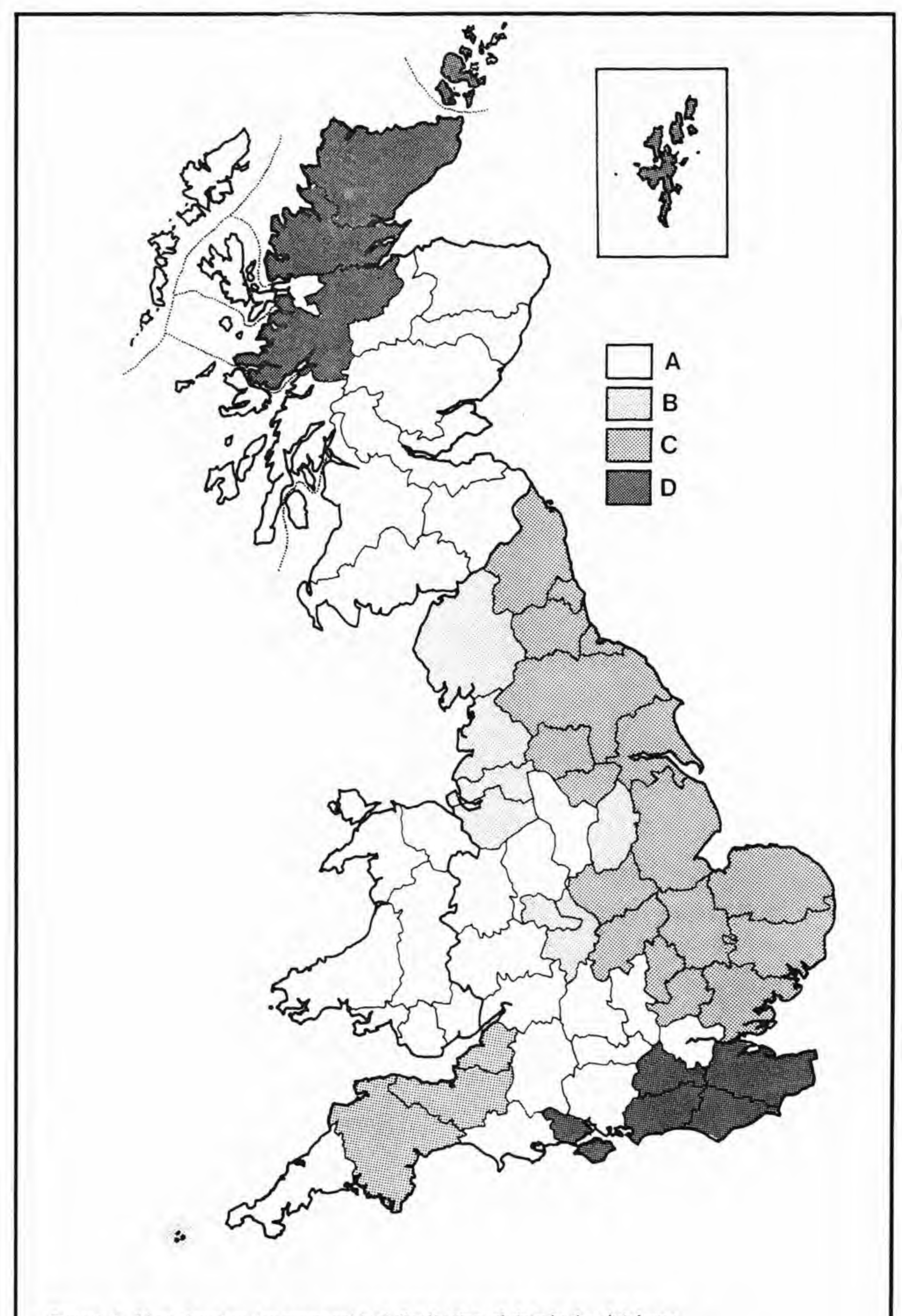


Figure 4 : Map showing the geographical distribution of data in the database.
A : County report produced before computerisation, data not yet on the computer.
B : Data on the computer, but County report not yet produced.
C : County report produced from the database.
D : County report produced before computerisation, but the data have been incorporated and brought up to date.

Source : MNHN, Paris

network which NCC is currently installing. The database will also form the basis for future projects such as the investigation of the auto/ecology of rare species and the monitoring of communities associated with particular habitats. The starting point in any such study must be an up to date knowledge of the sites at which the species are known to occur and this is exactly what the database is designed to provide.

File		Number of records on file	Number of bytes	
			Data	Index
Sites	Total	5,792	1,960,888	178,115
	Complete with descriptions and species records	2,698		
Species	Total	14,056	2,096,855	500,758
	Complete with brief accounts of status and biology	7,147		
Sources of information	Contributors'names and addresses	684	385,690	84,303
	Literature references	2,637		
Species records		50,307	2,730,989	752,673
Data-sheets		218	326,978	
	Total (including additional support files)		9,043,563 bytes	

Table 2 : Contents of the ISR database in Nov. 1987.

REFERENCES.

DANDY (J.E), 1969. – *Watsonian vice-counties of Great Britain.* London, Ray Society.

POLLARD (E.), HALL (M.L.) and BIBBY (T.J.), 1986. – Monitoring the abundance of butterflies 1976–1985. *Research and Survey in Nature Conservation*, n°2, Nature Conservancy Council, Peterborough.

RATCLIFFE (D.A.) (Ed.), 1977. – *A Nature Conservation Review.* Cambridge University Press, Cambridge, 2 Vol.

SHIRT (D.B.) (Ed.), 1987. – *British Red Data Books : 2. Insects.* Nature Conservancy Council, Peterborough.



LES INVERTEBRES ET LES ZONES D'INTERET FAUNISTIQUE AU SEIN D'UNE STRATEGIE GENERALE DE RECUEIL ET DE GESTION DE DONNEES SUR LE PATRIMOINE NATUREL.

François de BEAUFORT* et Hervé MAURIN**

*Museum National d'Histoire Naturelle
Laboratoire de Zoologie, Mammifères et Oiseaux
55, rue Buffon
75231 Paris cedex 05
FRANCE

**Museum National d'Histoire Naturelle
Secrétariat de la Faune et de la Flore
57, rue Cuvier
75231 Paris cedex 05
FRANCE

INTRODUCTION.

Les invertébrés font partie intégrante du patrimoine naturel mondial, au même titre que les autres groupes vivants ; ils en constituent une part importante du fait de la grande diversité génétique, en espèces et sous-espèces, qu'ils représentent.

Chaque pays a la responsabilité de conserver son propre patrimoine génétique : les espèces, les biocénoses et les écosystèmes qui régissent leurs relations. C'est ainsi que le Ministère de l'Environnement français a été à l'origine de la protection, en 1979, de 26 espèces ou sous-espèces de lépidoptères, 5 sous-espèces de carabes, 1 espèce et 1 sous-espèce d'orthoptères, 9 espèces de gastéropodes ; d'autres législations nationales protègent d'une manière plus générale les invertébrés, dès lors qu'ils sont présents sur le territoire des espaces protégés (réserves naturelles et zone centrale des parcs nationaux), ou par le biais de la protection de portions de leurs habitats (arrêtés de biotope).

La communauté internationale porte aux invertébrés un intérêt de plus en plus marqué. Cet intérêt se manifeste avant tout par la réalisation d'inventaires à finalité chorologique ou biogéographique, menés traditionnellement à l'initiative de la communauté scientifique ; le groupe "Cartographie des Invertébrés Européens" a en particulier été créé avec un objectif de coordination de ce domaine.

Certains organismes internationaux à caractère gouvernemental, comme le Conseil de l'Europe ou la Commission des Communautés Européennes, sont susceptibles quant à eux d'engager de vastes programmes d'études ou d'actions concertées en faveur des invertébrés ; pour être menés de façon satisfaisante ces programmes nécessitent qu'une synthèse des connaissances disponibles sur ces groupes soit réalisée.

Dans ce contexte, la mise en place de stratégies nationales et coordonnées de recueil de données patrimoniales, concernant en particulier les invertébrés, est absolument nécessaire. Les administrations gestionnaires du patrimoine naturel doivent en effet disposer d'éléments concrets facilitant la prise de décision dans le domaine de la conservation des espèces les plus menacées et des milieux les plus remarquables ; dans cette optique des zones d'intérêt faunistique doivent pouvoir être identifiées en priorité. La communauté scientifique est par ailleurs sollicitée pour fournir des avis sur l'évolution des phénomènes à une échelle biogéographique plus significative que les simples limites administratives nationales.

Des réponses peuvent être apportées à ces besoins si l'information existe et qu'elle a été synthétisée et organisée.

I. STRATEGIE FRANCAISE DE L'INVENTAIRE DU PATRIMOINE NATUREL.

Le Ministère de l'Environnement français a créé en 1979, au Museum National d'Histoire Naturelle de Paris, un service spécialisé dans l'inventaire et le suivi du patrimoine naturel : LE SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE (S.F.F.).

Ce service scientifique est chargé de rassembler, gérer et traiter les données fondamentales sur la faune et la flore sauvages ainsi que sur les milieux naturels. Ces données sont utilisées dans le cadre de bilans ou synthèses à usage scientifique (recherche) ou administratif (gestion, protection).

Pour répondre à sa mission, le S.F.F. a été amené à se définir les objectifs suivants :

- coordination de réseaux de collecte, composés de spécialistes, chercheurs et naturalistes amateurs, regroupés au sein d'un Réseau FAUNE-FLORE national ;
- conception et application de méthodologies standardisées de recueil et traitement des données collectées ;
- développement de nouveaux programmes d'inventaires pour combler les lacunes dans les connaissances ;
- pérennisation et traitement de l'information factuelle et bibliographique géocodée au sein de la banque de données FAUNA-FLORA, destinée à devenir progressivement un système d'information complet sur le patrimoine naturel ;
- conseil scientifique et technique des administrations de l'environnement ; en particulier pour la mise au point de programmes aptes à fournir des réponses aux besoins concernant la gestion et la conservation du patrimoine, ainsi que l'information du public ;
- mise à disposition de ces mêmes administrations d'éléments nécessaires à la réponse aux obligations internationales (enquêtes, directives, conventions...)

La sélection de zones de plus grand intérêt écologique constitue en particulier l'une des priorités d'actions du S.F.F. en matière d'inventaire du patrimoine naturel français : un inventaire national régionalisé des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF), lancé en 1982, a ainsi permis d'identifier, de décrire et d'intégrer à FAUNA-FLORA 13 000 zones. A l'échelle de la Communauté Européenne, la même démarche a été adoptée avec l'inventaire CORINE-BIOTOPES.

II. CARACTERISTIQUES DE L'INFORMATION POUVANT ETRE COLLECTEE SUR LES ZONES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE.

Les données faunistiques sont nécessaires à l'évaluation de la valeur biologique des aires. Cette utilisation peut avant tout être envisagée à un niveau élémentaire, en considérant la liste des espèces présentes sur l'aire considérée ; mais elle peut également concerner un niveau plus analytique, en recherchant des systèmes de cotation ou de hiérarchisation basés sur la biodiversité, l'abondance ou la rareté des espèces présentes.

C'est à partir des résultats obtenus par l'expérimentation de telles méthodes qu'il est possible de développer une politique de sélection de zones, d'aires ou de sites ; les zones sélectionnées pourront constituer un terrain privilégié pour des actions de surveillance continue du patrimoine naturel.

La mise au point de tels systèmes de cotation constitue un travail de recherche assez complexe ne faisant pas l'objet de cet exposé.

Il est essentiel de mener ce travail en tenant le plus grand compte des caractéristiques de l'information qui peut être collectée dans le contexte actuel : diminution dramatique des chercheurs spécialisés en faunistique et appui indispensable sur des réseaux de naturalistes ou personnels de garderie (gardes chasse, forestiers, des parcs nationaux...).

L'information collectée doit reposer sur certains paramètres assez aisés à collecter mais suffisants pour répondre à l'objectif d'évaluation recherché ; pour des raisons de faisabilité, l'enregistrement de ces paramètres ne peut porter sur toutes les espèces présentes dans une aire, mais doit concerner en priorité :

- les espèces caractéristiques de certains habitats ou de certaines diversité d'habitats ;
- les espèces caractéristiques de certaines activités humaines ou de certaines perturbations liées à ces activités ;
- certaines communautés d'espèces caractéristiques ;
- les espèces en limite d'aire de répartition ;
- les espèces rares et remarquables.

Pour être utilisables, les données collectées doivent présenter un certain nombre de caractéristiques fondamentales, qui sont celles de l'information statistique classique. Elles doivent résulter de méthodologies harmonisées, garantes de la cohérence des divers fichiers constitués ; la répétitivité des mesures et la possibilité de réaliser des agrégations d'informations à divers niveaux (taxonomique ou géographique par exemple) sont également nécessaires ; l'exhaustivité du domaine

couvert par chaque paramètre est enfin recherchée, associée à des critères de fiabilité indispensables.

La satisfaction de ces caractéristiques nécessite avant tout la mise au point de méthodes de collecte standardisées et adaptées aux réseaux de spécialistes utilisés ; une bonne adéquation entre les capacités techniques des collecteurs et le type de données collectées est en effet essentielle pour l'obtention de données de base homogènes et valides.

Les moyens informatiques mis en oeuvre pour le traitement des résultats doivent également être appropriés à la masse des informations traitées et aux objectifs fixés.

Le système informatique FAUNA-FLORA du S.F.F. s'efforce de répondre à l'ensemble de ces impératifs, en particulier dans le domaine du recueil et du traitement de l'information.

III. LE RECUEIL DES DONNEES DE BASE.

Le recueil des données faunistiques en général, et des données d'invertébrés en particulier, va concerner à la fois l'exploitation des informations anciennes (bibliographie, collections) et le recueil de données de terrain récentes.

Quelque soit son origine, l'information est définie dans FAUNA-FLORA par deux catégories de paramètres : les données essentielles et les données complémentaires.

A) LES DONNEES ESSENTIELLES.

Les données essentielles correspondent au minimum indispensable à une gestion standardisée et pérenne de l'information ; elles concernent cinq paramètres de base :

- la source de la donnée, c'est à dire la référence à un programme d'inventaire, caractérisé en particulier par un protocole précis ;
- l'origine de la donnée, pouvant être un observateur ou la référence à une source bibliographique ou une collection ; cette information permet de connaître à tout moment la provenance et la propriété scientifique d'une donnée ;
- le taxon observé ; l'espèce dans la plupart des cas, en référence à une liste taxonomique propre à l'inventaire ;
- la date d'observation ; au minimum l'année, indispensable pour les répétitions de prises de données et les synthèses à caractère historique ;

- le lieu d'observation ; l'exploitation des données anciennes nécessite que cette localisation puisse être exprimée sous forme d'unités administratives de niveau fin – les 36 000 communes de France – car c'est le mode le plus fréquemment utilisé pour les données anciennes.
  Les données faunistiques récentes sont quant à elles localisées en coordonnées géographiques avec un niveau de précision adapté à l'espèce concernée et aux conditions de collecte ; le système de localisation retenu pour la France est celui des GRADES, qui correspond au découpage des cartes topographiques françaises ; des conversions inter–systèmes sont possibles. Chaque zone est définie par son contour exact, informatisé à partir d'un tracé sur carte topographique au 1/25 000ème ou 1/50 000ème, ainsi que par la liste des communes qui la concernent.

B) LES DONNEES COMPLEMENTAIRES.

Venant en complément des données essentielles, les données complémentaires ne sont pas indispensables à une gestion standardisée de l'information de base ; elles sont collectées programme par programme, en vue d'une interprétation particulière, et font toujours référence à des index définis dans le cadre de chaque protocole d'inventaire. Ce sont par exemple : le sexe ou l'état de développement de l'individu observé ; son abondance ; le biotope fréquenté, ainsi que tout autre donnée biologique ou écologique. Elles peuvent constituer des éléments complémentaires pour l'évaluation et la sélection de zones d'intérêt faunistique.

IV. LE TRAITEMENT DES DONNEES COLLECTEES.

Après la saisie des formulaires de recueil de données, l'information est soumise à une chaîne de traitement qui permet d'obtenir, en dernière étape, des fichiers présentant des garanties d'homogénéité et de fiabilité maximales.

La figure 1 détaille la chaîne de traitement de l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique. Le principe général de cette chaîne de traitement repose sur une succession de phases de validation (syntaxique, informatique,...), qui précèdent l'élaboration de produits standardisés sous forme de listes, index statistiques ou cartographies ; après sa validation, le fichier constitué est intégré à FAUNA–FLORA et devient utilisable pour n'importe quelle autre application, dans la limite de la règlementation de l'utilisation des données actuellement en vigueur au S.F.F. (règlement intérieur et code déontologique).

De nombreux échanges sont donc nécessaires entre l'organisme qui collecte et met en forme l'information (les comités et secrétariats régionaux ZNIEFF dans

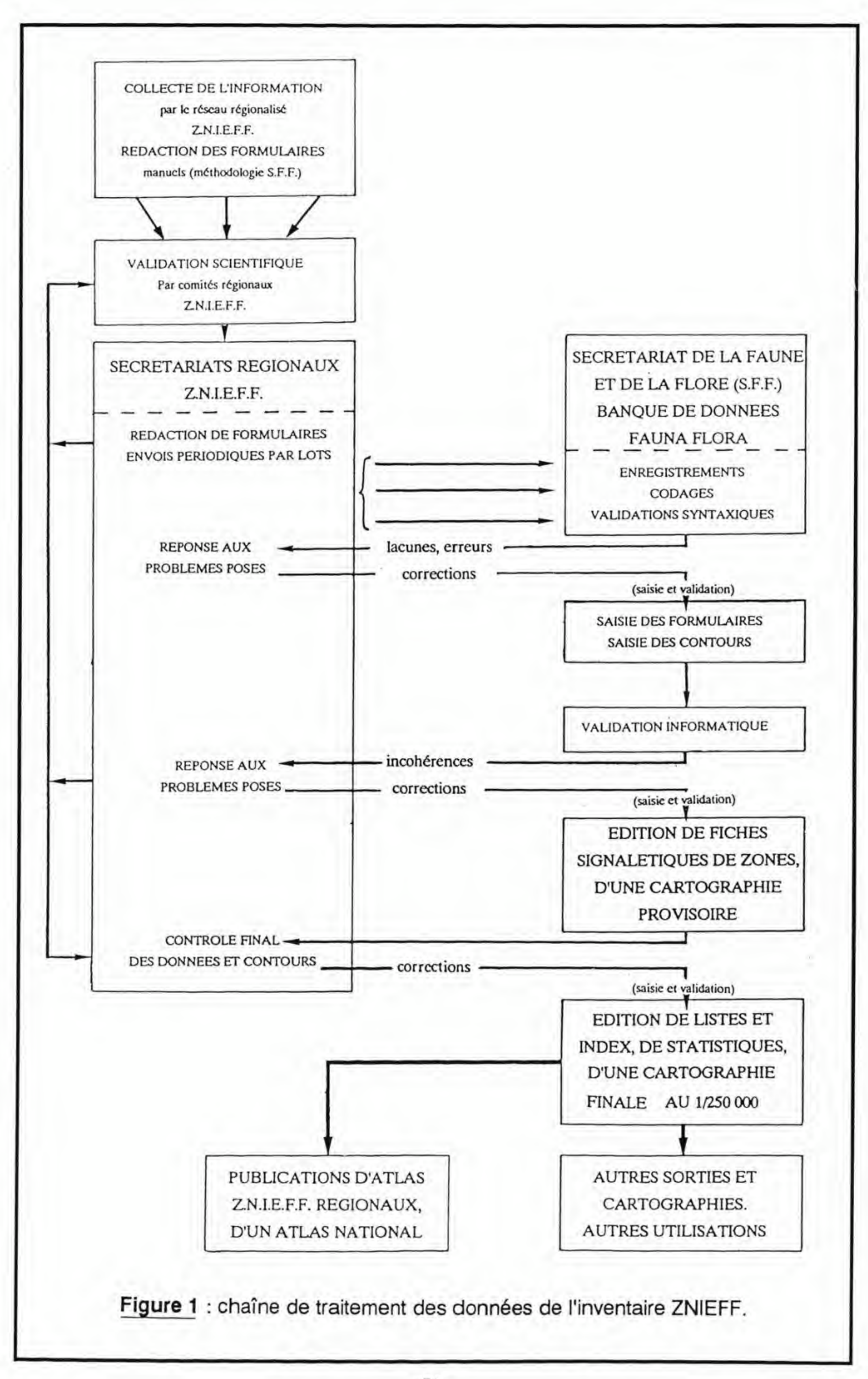


Figure 1 : chaîne de traitement des données de l'inventaire ZNIEFF.

Source : MNHN, Paris

l'exemple présenté) et le centre qui traite cette information (le S.F.F. dans l'exemple présenté) ; ces échanges permettent de combler des lacunes dans l'information fournie, et d'effectuer diverses corrections portant sur des incohérences ou erreurs de codage.

La banque FAUNA-FLORA a été conçue en trois sous-unités complémentaires (figure 2) :

- le fichier R.E.F.F. qui traite des données de répartition d'espèces, localisées en coordonnées ou communes ;
- le fichier Z.E.F.F. qui traite des données issues des inventaires par zones, localisées par leurs contours et par les communes concernées ;
- le fichier BIBLI.F.F. qui traite les informations d'espèces ou de zones issues de la bibliographie, localisées par commune pour l'essentiel.

Ces trois fichiers sont rendus intercompatibles grâce à la normalisation de la collecte qui garantit à terme un certain nombre de points de passage entre les trois sous-unités (figure 2) ; dans le cas de la localisation, ces passages sont réalisés soit, par le biais du code INSEE des communes (référence nationale) , soit par les mailles de grades qui peuvent être situées automatiquement à l'intérieur de n'importe quel contour de zone.

V. APPLICATION DES DONNEES D'INVERTEBRES A LA SELECTION DES ZONES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE.

La figure 3 présente l'exemple d'une méthode de travail pouvant être adoptée pour n'importe quel inventaire d'invertébrés ; selon cette méthode, des applications variées sont obtenues dans FAUNA-FLORA à partir de données d'origines diverses ; les principales applications sont : des bibliographies indexées (à l'espèce, au département ou à la commune), des cartographies ou historiques de répartition à n'importe quelle échelle, des listes rouges d'espèces menacées, des listes de biotopes à protéger...

Des enquêtes complémentaires doivent également pouvoir alimenter le fichier constitué. La relation avec les ZNIEFF (figures 2 et 3) illustre bien les échanges d'informations possibles entre l'approche spécifique et l'approche spatiale. Ces échanges doivent être assurés automatiquement, selon les procédures décrites au paragraphe précédent.

Cette concentration d'informations va faciliter grandement la sélection de zones de grand intérêt faunistique ; le système de traitement informatique va en effet permettre de sélectionner automatiquement divers types de zones : à plus forte biodiversité ; comportant des communautés caractéristiques de certains habitats très

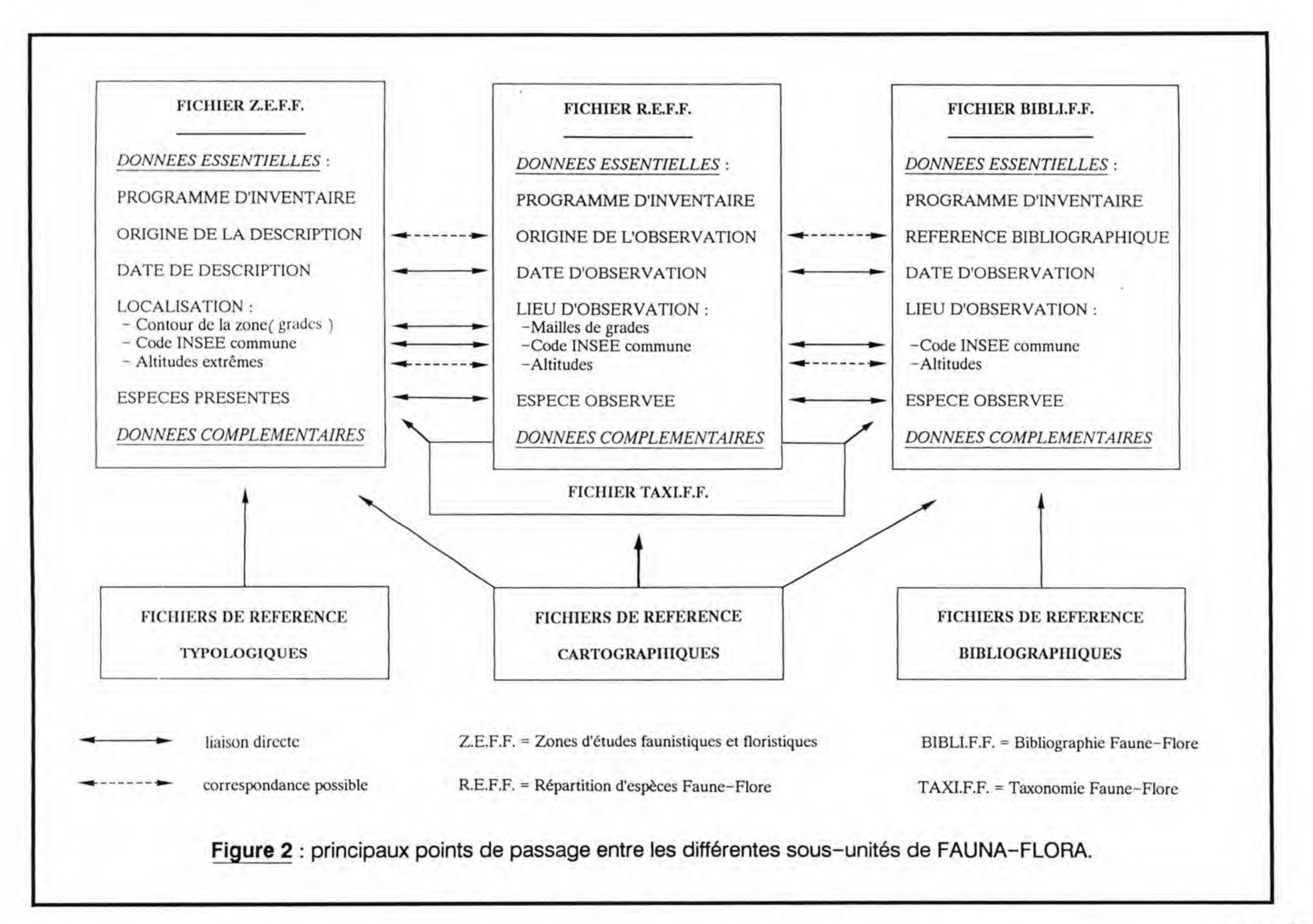


Figure 2 : principaux points de passage entre les différentes sous-unités de FAUNA-FLORA.

Source : MNHN, Paris

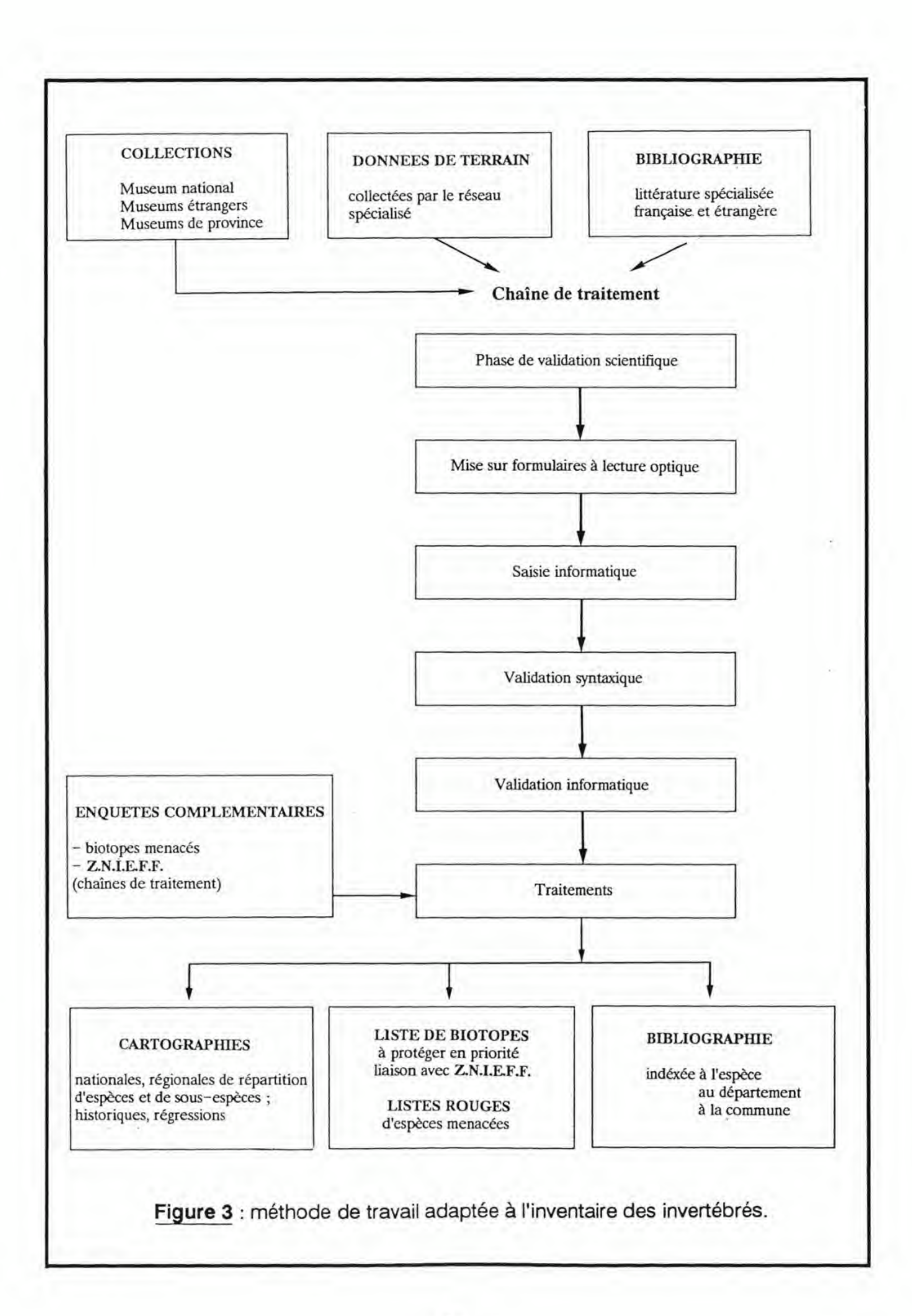


Figure 3 : méthode de travail adaptée à l'inventaire des invertébrés.

Source : MNHN, Paris

menacés ou rares ; caractérisées par certaines activités ou perturbations humaines etc...

Les systèmes de cotation ou de hiérarchisation retenus (voir au § III) peuvent alors être appliqués aux zones sélectionnées. Par ailleurs, il peut être procédé à des recoupements avec d'autres zones obtenues selon la même approche, mais à partir d'autres groupes taxonomiques, comme les vertébrés ou la flore ; l'ensemble de ces opérations complémentaires potentielles constitue un outil d'analyse et d'évaluation polyvalent et souple.

Des applications finalisées peuvent ainsi être développées soit avec des buts de recherche, soit afin de fournir aux administrations gestionnaires du patrimoine naturel les éléments nécessaires à leur politique de gestion et de sauvegarde.

CONCLUSION.

Les spécialistes d'invertébrés professionnels sont actuellement en très forte diminution et rien ne semble indiquer que cette tendance puisse s'inverser à court et moyen terme ; des groupes entiers seront donc pris en charge à terme par des spécialistes amateurs motivés et compétents. Il convient dans ces conditions de favoriser la création et le soutien de réseaux thématiques nationaux spécialisés afin de coordonner les efforts dans ce domaine. C'est en effet sur la collecte de données récentes de qualité que peuvent reposer les stratégies de connaissance et de suivi du patrimoine naturel, que chaque pays se doit de mettre en place. Ces stratégies sont destinées à produire, après traitement et validation des données de base collectées, des éléments nécessaires à la mise en place de politiques de gestion et de conservation du patrimoine naturel.

Ces politiques doivent s'appuyer en particulier sur le suivi d'indicateurs d'évolution concernant à la fois les espèces et les milieux naturels, en particulier au sein de zones de plus grand intérêt faunistique.

Il convient donc de sensibiliser les administrations nationales gestionnaires du patrimoine naturel sur le rôle potentiel important des invertébrés comme indicateurs d'évaluation et de surveillance du patrimoine naturel.

Il convient également de renforcer les coopérations internationales, afin de regrouper les réflexions et les moyens existants dans le cadre de programmes de dimension européenne.

REFERENCES.

BEAUFORT de (F.) et MAURIN (H.), 1988. – *Le Secrétariat de la Faune et de la Flore et l'Inventaire du Patrimoine Naturel. Objectifs, méthodes et fonctionnement.* Paris, S.F.F. : 119 p.

BEAUFORT de (F.) et MAURIN (H.), 1988. – *Le Secrétariat de la Faune et de la Flore et l'Inventaire du Patrimoine Naturel. Programmes d'inventaires, réseau faune flore et publications.* Paris, S.F.F. : 214 p.

BERNARDI (G.), NGUYEN (Th.) et NGUYEN (T.H.), 1981. – Inventaire, cartographie et protection des Lépidoptères de France. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschafspflege Bad. Württ*, 21 : 59–66.

BLANDIN (P.), 1986. – Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bull. Ecol.*, 17 (4) : 215–307.

DOMMANGET (J.L.), 1987. – *Etude faunistique et bibliographique des Odonates de France.* Paris, S.F.F. : 383 p.

EHANNO (B.), 1987. – *Les Hétéroptères Mirides de France. Tome IIB : inventaire biogéographique et atlas.* Paris, S.F.F. : 427 p.

MAURIN (H.), 1986. – *Conception et organisation d'un système d'information sur le patrimoine naturel. Application aux comptes du patrimoine naturel.* M.N.H.N., S.F.F.. Thèse de 3ème cycle, 14 décembre 1986 à l'Université de Rennes I, 346 p.

MOUTHON (J.) et KUIPER (J.G.J.), 1987. – *Inventaire des Sphaeriidae de France.* Paris, S.F.F. : 60 p.



IMPORTANCE D'UNE CARTOGRAPHIE A L'ECHELLE SUBSPECIFIQUE POUR LA DETERMINATION DES ESPECES DE GRAND INTERET FAUNISTIQUE.

EXEMPLES PRIS PARMI LES LEPIDOPTERES RHOPALOCERES.

Georges BERNARDI

Museum National d'Histoire Naturelle
Laboratoire d'Entomologie
45, rue Buffon
75231 Paris Cedex 05
FRANCE

Je veux montrer que le binôme spécifique n'est pas suffisant pour définir les entités de grand intérêt faunistique et qu'il est par suite nécessaire de travailler au niveau subspécifique pour repérer et protéger efficacement ces entités.

J'ai déjà abordé cette question (Bernardi et al., 1981) mais après avoir donné des exemples supplémentaires, je veux préciser ici : tout d'abord les difficultés d'ordre taxonomique d'une telle entreprise sans chercher à dissimuler cet aspect de la question, puis inversement montrer la contribution que peut apporter la cartographie pour déboucher sur une meilleure taxonomie.

I. LE NIVEAU TAXONOMIQUE DES ENTITES MENACEES.

Pour déterminer qu'une entité est menacée on a jusqu'ici estimé suffisant - et plus simple - de travailler au niveau spécifique. On considère qu'une espèce est menacée si elle est disparue d'un nombre relativement considérable de stations depuis une date donnée ; cette disparition étant par exemple exprimée par rapport à l'absence dans des "carrés" UTM ou toute autre unité géographique de référence.

C'est la méthode préconisée pour la Belgique par J. Leclercq (1980) qui considère que la disparition dans au moins dix "carrés" UTM entre les pointages anciens et récents exige de conclure qu'une espèce est dans une situation critique. Cette méthode est excellente pour un pays de faible étendue où chaque espèce est en règle générale représentée par une seule sous-espèce ; elle n'est pas applicable à l'ensemble de l'Europe ou même à des pays comme la France où de nombreuses espèces sont représentées par plusieurs sous-espèces : en effet une régression portant sur un petit nombre d'unités géographiques de référence peut paraître sans gravité pour une espèce donnée mais ces unités peuvent correspondre à la quasi-totalité ou même à la totalité de l'aire de répartition de l'une des sous-espèces de cette espèce.

Citons quelques exemples français :

- en France le Maculinea teleius (= euphemus) est encore relativement prospère dans l'Est (notamment en Alsace, avec la sous-espèce M. t. albocuneata Beuret) mais la très distincte sous espèce M. t. burdigalensis (depuis toujours étroitement localisée dans l'Ouest) est très menacés bien que, heureusement, depuis peu protégée dans une de ses stations par un arrêté de protection de biotope.
- le Coenonympha oedippus est encore, relativement prospère dans l'extrême sud-ouest de la France mais déjà plusieurs sous-espèces étroitement localisées sont menacées tandis que les sous-espèces C. oe. sebrica (de l'ouest) et C. oe. herbuloti (Isère) sont disparues.
- contrairement à de nombreuses autres sous-espèces françaises de Maculinea arion, le M. a. ligurica de la Riviera française (et italienne) est

gravement menacé tandis que M. a. microchroa du sud du Bassin parisien a disparu.
- Pieris manni, proche de la sous espèce nominative, est prospère dans tout le midi méditerranéen et dans les Pyrénées mais le P. m. andegava (depuis toujours étroitement localisé dans l'ouest) semble disparu.

Dans tous les exemples ci-dessus des sous-espèces menacées ou disparues se rapportent à des "taches" isolées de l'aire principale de répartition de chaque espèce ; d'autres sous-espèces à grand intérêt faunistique présentent une répartition plus continue par rapport à l'ensemble de l'aire de répartition spécifique. On ne citera que le cas de Parnassius apollo : chez cette espèce diverses sous-espèces à aspect "spectaculaire" (et de ce fait très appréciées des collectionneurs) sont menacées (P. a. venaissimus, P. a. provincialis au sud des Alpes, P. a. lozerae, P. a. aigoualensis, P. a. cebennicus au sud du Massif central) ainsi que d'autres sous-espèces à habitus plus modeste mais localisées (P. a. meridionalis des Vosges, P. a. arvernensis et P. a. lioranus du Nord du Massif Central), tandis que P. a. francisi (du Forez) et P. a. peyerimoffi (de la plaine d'Alsace) sont disparus.

Il n'est pas douteux que des problèmes semblables se posent du niveau européen comme le montre (encore imparfaitement) le travail de Heath (1981) par exemple :
- Colias palaeno palaeno de Scandinavie n'est pas menacé, par contre C. p. europome de Tchécoslovaquie, d'Allemagne et de l'Est de la France est partout vulnérable (éteint en Belgique : C. p. belga) tandis que C. p. europomene des Alpes (françaises, suisses, etc...) ne semble pas menacé malgré que toutes les sous-espèces présentes en France sont protégées par le décret du 22.8.1979.
- Euchloe belemia est prospère dans la péninsule ibérique et en Afrique du nord mais l'E. b. eversi des Canaries est jugé vulnérable.
- parmi les nombreuses sous-espèces de Zerynthia rumina du pourtour méditerranéen depuis la France jusqu'à l'Afrique du nord les sous-espèces Z. rumina cantabrica et Z. r. minima d'Espagne sont particulièrement menacées.
- enfin le cas de Papilio machaon est particulièrement caractéristique : il est encore commun dans de nombreux pays européens mais la sous-espèce P. m. britannicus désormais localisée dans les "Norfolk Broads" de Grande Bretagne est de ce fait très menacée.

Les sous-espèces qui viennent d'être citées sont mentionnées en tant que telles dans le travail de Heath. Les populations menacées d'autres espèces sont simplement repérées par leur localisation géographique. Leur statut subspécifique mériterait d'être précisé. Ainsi le Papilio alexanor est donné comme très localisé et rare dans la péninsule balkanique, rare en Grèce et éteint en Yougoslavie, or il s'agit de la magnifique sous-espèce P. a. magna (= attica = adriatica) tandis que la sous-espèce

nominative, P. a. alexanor de France, d'habitus plus modeste, ne semble pas encore avoir atteint un seuil critique, malgré sa valeur commerciale ; de même le Melitaea deione est donné comme en danger en Suisse contrairement à la France et à la péninsule ibérique, or en Suisse volent les sous-espèces très distinctes M. d. deione (= berisalensis) et M. d. phaisana. Enfin il est évident que les menaces qui pèsent sur le Parnassius apollo devraient être exprimées en termes de sous-espèces, or en dehors de la discussion du statut de 10 sous-espèces françaises le travail de Heath mentionne seulement la rareté de P. a. siciliae de Sicile, menacé par des récoltes abusives (1).

II. LES DIFFICULTES D'UNE CARTOGRAPHIE SUBSPECIFIQUE.

Après mon exposé, divers intervenants ont souligné, sans contester l'intérêt d'une cartographie subspécifique, que celle-ci n'était guère possible par suite des divergences qui existent actuellement en matière de coupes subspécifiques selon les auteurs.

Cet état de fait est indéniable et résulte de deux causes qu'il convient de préciser. Il s'agit du moins en lépidoptérologie :

- de l'emploi de sous-espèces différentes, non comparables, bien que cette situation, très regrettable en soit, n'est pas essentielle en matière de protection ainsi que cela sera exposé ci-dessous.
- de la désinvolture avec laquelle est traitée la variation géographique dans certains ouvrages de référence, notamment en France dans le texte connu sous le nom de "liste Leraut" (Leraut, 1980). Parmi d'autres approches aberrantes cet auteur propose d'innombrables nouvelles synonymies qui donnent l'impression que les coupes subspécifiques relèvent de l'opinion individuelle et sont par essence instables. Or ces synonymies ne sont pas justifiées ainsi que cela sera démontré. Cette fois, cette situation est néfaste en matière de protection comme on le verra plus loin, et bien évidemment, regrettable sur le plan de la biologie en général.

---

(1) On me permettra de préciser ici que ce travail confié par le Conseil de l'Europe à l'Institut d'Ecologie Terrestre de Monks Wood (Huntingdon, Angleterre) à été révisé et complété au cours d'une réunion de lépidoptèristes européens tenue à Strasbourg sous l'égide du Conseil de l'Europe. J'ai participé à cette réunion en tant qu'expert délégué du Ministère de l'Environnement français et je l'ai présidée ayant été élu à cette fonction par mes collègues. Par la suite j'ai reçu directement des responsables du Conseil de l'Europe le manuscrit de ce travail avec demande de le compléter encore avant publication. Cela explique que le problème de la variation géographique est davantage abordé pour les lépidoptères français que pour ceux des autres pays, car c'était déjà à cette époque une de mes préoccupations en matière de protection de la nature.

A) LA NOTION DE SOUS-ESPECE.

J'ai déjà eu l'occasion d'exposer (Bernardi, 1956, 1958, 1964) que la notion de sous-espèce est hétérogène, variable selon les groupes zoologiques et parfois même au sein d'un même groupe, notamment chez les lépidoptères.

Il existe en effet "diverses" sous-espèces de "poids" variable, parmi lesquelles on peut distinguer les trois groupes suivants :

a) des sous-espèces basées sur les différences de moyennes ou de proportions : deux populations appartiennent à deux sous-espèces différentes lorsque les moyennes ou les proportions d'un caractère taxonomique sont différentes, ces différences pouvant être constatées subjectivement (par simple examen visuel) ou déterminées mathématiquement (avec seuil de signification) ; sous-espèces utilisées en entomologie.

b) des sous-espèces basées sur les règles de "pourcentages" de 75% de 75%, de 84% de 84%, de 50% de 100%, et de 75% de 100%, les pourcentages utilisés étant eux-même variables : deux populations d'une espèce appartiennent à deux sous-espèces différentes dès que 75% ou 84% des individus de l'une des populations diffèrent de 50% ou 84% des individus de l'autre population dès que 50% ou 75% des individus de l'une des populations diffèrent de tous les individus (100%) de l'autre population ; sous-espèces utilisées en ornithologie et chez d'autres ordres de vertébrés.

c) de la sous-espèce de la régle des 100% : deux populations d'une espèce appartiennent à deux sous-espèces différentes seulement si tous les individus de l'une des populations diffèrent de tous les individus de l'autre population ; sous-espèce utilisée en entomologie.

J'ai déjà montré (Bernardi, 1964) avec de nombreux exemples à l'appui, que l'emploi de ces "différentes" sous-espèces provoque des divergences considérables dans le nombre de coupes subspécifiques effectuées au sein d'une espèce - mais que souvent ces divergences passent inaperçues parcequ'il est exceptionnel que deux auteurs révisent en même temps un même groupe d'entités. Je ne cite de nouveau ici que le cas très caractéristique des Melitaea, parceque ce genre a été étudié à peu d'années d'intervalle par Verity (1950) et Higgins (1941, 1955), lépidoptéristes respectivement partisans de la sous-espèce "faible" de la différence de moyenne et de la sous-espèce "forte" de la régle des 100%. En prenant comme exemple les coupes taxonomiques de ce genre en Sicile : il y a selon Verity 80% de sous-espèces endémiques tandis que chez Higgins aucune forme n'est propre à cette île. Verity considère comme endémiques en Sicile : M. cinxia deva, M. aetherie perlinii, M. phoebe emipunica, M. athalia sicula et M. a. siculapinguis (soit deux sous-espèces différentes dans la même île) ; seule M. didyma n'étant pas représentée par une sous-espèce

particulière. Au contraire selon Higgins toutes les formes de Melitaea siciliennes se retrouvent plus ou moins largement dans les contrées limitrophes ; ainsi selon cet auteur M. aetherie algirica = perlinii se trouve en Sicile, au Maroc et en Algérie ; M. cinxia clarissa = deva se trouve en Sicile, Espagne, Italie, Grèce, Turquie, Russie méridionale et Asie mineure ; etc...

Il est évident qu'il serait de la plus haute importance, ne serait-ce que dans le cadre de la CIE, de choisir l'une de ces sous-espèces pour cartographier dans toutes les disciplines des entités comparables - car, bien évidemment, la cartographie doit viser des objectifs plus vastes que le simple repérage d'entités menacées et être utilisée en biogéographie et pour l'étude de l'évolution. Personnellement, comme je l'ai déjà exposé (Bernardi, l.c.), sur un plan scientifique strict je suis partisan de la sous-espèce de la règle de 100%. On me permettra cependant de noter que paradoxalement sur le plan des entités de grand intérêt faunistique, problème qui nous préoccupe ici, une sous-espèce même très "faible" est acceptable et utile : sauf à admettre que les caractéristiques de cette sous-espèce sont purement somatiques elle correspond à un stock génétique unique, à sauver, même s'il n'est pas véhiculé par tous les individus de la population. Par ailleurs demander un arrêté de protection de biotope pour une population portant un nom scientifique particulier est, administrativement parlant, plus facile à justifier que pour une population "anonyme". Cartographions donc les sous-espèces même faibles...

B) TAXONOMIE FLUCTUANTE.

En ce qui concerne les coupes subspécifiques la parution de la "liste Leraut" a jeté la confusion dans les esprits. En France - et en Europe - la réhabilitation de l'étude de la variation géographique passe par le "démontage" des pratiques de cette "liste".

Les remarques qui suivent sont un court extrait d'un travail en cours de rédaction visant à rectifier les centaines d'erreurs relatives à la variation géographique des Rhopalocères de cette "liste". Ces erreurs consistent en premier lieu en mises en synonymies inexplicables. Car il s'agit souvent de synonymes entre sous-espèces taxonomiquement et géographiquement très éloignées, nullement de populations voisines, peu distinctes.

On en jugera par quelques exemples, où j'ajoute "nov. syn." pour chaque nouvelle synonymie proposée par M. Leraut, ce qu'il omet de faire dans sa "liste" - par ailleurs je ne cite pas quelques anciens synonymes spécifiques (tels que argyrocapelus Bergsträsser, 1779, etc..., pour argyrognomon Bergsträsser, 1779), sans intérêt ici.
Ces synonymes ne sont pas le seul sujet d'étonnement : on retiendra encore la citation de nombreuses sous-espèces n'appartenant pas à la faune franco-belge (limite géographique de la "liste") et inversement des omissions.

Lycaeides argyrognomon - Leraut (1980 : 128) propose les synonymies suivantes :

1) L. argyrognomon argyrognomon Bergsträsser, 1779 = bellofontanensis Stempffer, 1928, "nov. syn." = pseudarmoricana Beuret, 1934, nec Heydemann, 1933, "nov. syn."

2) L. argyrognomon laria Verity, 1937 = ligurica Ch. Oberthur, 1910, nec Courvoisier, 1910, nec Wagner, 1904

3) L. argyrognomon aegus Chapman, 1917 = ismenias Meigen, 1830, nec Hoffmannsegg, 1804, "nov. syn." = septentrionalis Beuret, 1928, "nov. syn." = armoricanoides Beuret, 1934, "nov. syn." = lombardiana Beuret, 1938, "nov. syn."

4) L. argyrognomon tapinageus Verity, 1948

Mais (a) la sous-espèce nominative L. a. argyrognomon ne fait pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce allemande) comme l'a montré Forster dès 1936.

(b) bellofontanensis est une sous-espèce distincte d'a. argyrognomon, appartenant bien à la faune franco-belge, séparée d'a. argyrognomon par l'aire de répartition d'a. septentrionalis, dont bellofontanensis est le plus proche.

(c) pseudarmoricana ne doit pas figurer dans la synonymie d'aucune sous-espèce de L. argyrognomon car il s'agit d'un synonyme d'une sous-espèce de l'espèce L. idas dont le nom correct est L. i. armoricanoides Beuret, 1934 ; en tout état de cause ce nom ne devrait même pas être cité à propos de L. idas car il n'appartient pas à la faune franco-belge (sous-espèce allemande).

(d) laria doit être désigné sous le nom de L. a. letitia Hemming, 1934. Il s'agit de la sous-espèce décrite indépendamment sous les noms ligurica Ch. Oberthür IV.1910 et ligurica Courvoisier VIII.1910 (la notation ligurica Obth. nec Courv. est donc incorrecte), tous deux homonymes primaires du nom de Wagner et remplacés par letitia Hemming, 1934, puis par laria Verity et lombardiana Beuret, 1938, les deux derniers noms ayant été créés par Verity et Beuret dans l'ignorance du nom d'Hemming. La synonymie proposée par M. Leraut est donc très incomplète mais par ailleurs L. a. letitia = laria ne fait pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce italienne)

(e) ismenias est bien un homonyme primaire du nom d'Hoffmansegg mais il ne s'agit pas d'un synonyme d'aegus mais d'argyrognom comme l'a noté Forster dès 1936.

(f) septentrionalis a été considéré jusqu'ici par tous les auteurs, a juste titre à mon avis, comme une sous-espèce distincte, elle n'est en aucun cas un synonyme d'aegus, étant à rapprocher de bellofontanensis.

(g) armoricanoides n'est pas un synonyme d'aegus car il s'agit d'un nomen novum créé par Beuret, 1934 pour remplacer pseudarmoricana Beuret, 1934, homonyme primaire de pseudarmoricana Heydemann, 1933, ce nom de armoricanoïdes étant ainsi le nom correct pour désigner la sous-espèce allemande de L. idas déjà citée ci-dessus. On notera donc que les noms armoricanoides = pseudarmoricana qui désignent une même sous-espèce allemande de l'espèce L. idas sont "répartis" par M. Leraut comme synonymes de deux sous-espèces françaises de l'espèce L. argyrognomon...

(h) lombardiana n'est pas un synonyme d'aegus puisqu'il a été créé pour remplacer ligurica Ch. Oberthur, synonyme de L. a. letitia = laria, ainsi que cela a déjà été indiqué.

La synonymie correcte des L. argyrognomon discutée ci-dessus est donc la suivante, en rappelant que L. a. argyrognomon et L. a. letitia n'appartiennent pas à la faune franco-belge et sont de ce fait placés entre crochets.

1) [L. argyrognomon argyrognomon Bergsträsser, 1779 = ismenias Meigen, 1830 nec Hoffmannsegg, 1804]
2) L. a. bellofontanensis Stempffer, 1928
3) L. a. septentrionalis Beuret, 1928
4) L. a. aegus Chapman, 1917
5) L. a. tapinageus Verity, 1948
6) [L. a. letitia Hemming, 1934 = ligurica Ch. Oberthür, IV.1907 nec Wagner, 1904 = ligurica Courvoisier, VIII.1907 nec Wagner, 1904 = laria Verity, 1937 = lombardiana Beuret, 1938]

Eumedonia eumedon - Leraut (1980 : 129), propose les synonymies suivantes :

1) E. eumedon eumedon Esper, 1780 = belinus de Prunner, 1798 "nov. syn."
2) E. eumedon meridionalis Stauder, 1921
3) E. eumedon nitschei Hemming, 1933 = alpicola Nitsche, 1926 nec Christoph, 1893
4) E. eumedon montriensis Nel

Mais (a) la sous-espèce nominative E. e. eumedon ne fait pas partie de la faune française (sous-espèce est et centre européenne)
(b) meridionalis ne fait pas partie de la faune française (sous-espèce italienne, de l'Italie péninsulaire)
(c) belinus n'est pas un synonyme subspécifique d'E. e. eumedon étant décrit des Alpes ; si ce nom n'est pas considéré comme un nomen dubium (opinion de plusieurs auteurs) il s'applique aux E. eumedon alpiens ; sinon ces eumedon peuvent être désignés sous le nom d'E. e. glaciata Verity, 1921, dont l'attribution à cette espèce ne pose pas de problème ; alticola Nitsche, 1926 (non alpicola) est un homonyme primaire de alticola Christoph (non alpicola) et nitschei un nomen novum inutile.
(d) il faut ajouter à la faune française E. e. grassoides Eitschberger et Steiniger, 1975, resté ignoré de M. Leraut et il reste à discuter des noms subspécifiques que doivent porter les populations du Massif Central et des Pyrénées de E. eumedon, problème qui ne sera pas abordé ici.

La synonymie correcte des E. eumedon discutée ci-dessus est donc la suivante, en rappelant que E. eumedon eumedon et E. e. meridionalis n'appartiennent pas à la faune française et sont de ce fait placés entre crochets :

1) [E. eumedon eumedon Esper, 1780]
2) [E. eumedon meridionalis Stauder, 1921]
3) E. eumedon glaciata Verity, 1921 = ? belinus de Prunner, 1798 = nitschei Hemming, 1933 = alticola Nitsche nec Christoph, 1893
4) E. eumedon grassoides Eitschberger et Steiniger, 1975
5) E. eumedon montriensis Nel, 1976

Lycaena helle – Leraut (1980 : 126) propose les synonymies suivantes :
1) [L. helle helle Denis et Schiffermüller, 1775]
2) L. helle perreti Weiss, 1977
3) L. helle eneli Betti, 1977
4) L. helle deslandesi Hemming, 1932 = pyrenaica Deslandes nec Boiduval, 1840 = avernica Bernardi et de Lesse, 1952, "nov.syn." = magdalenae Guerin, 1959, "nov. syn."

Ne voulant pas être "juge et partie" je rectifie les synonymies de M. Leraut d'après la conclusion de la thèse de doctorat de notre Secrétaire général de la C.I.E. (Mayer, 1981–1982) :
(a) eneli (du Jura français) est un synonyme de L. h. leonia Beuret, 1926 du Jura suisse.
(b) arvernica et magdalenae formant deux "taches" isolées dans le Massif Central, sont tous deux des sous-espèces distinctes.
(c) on peut ajouter L. h. arduinnae Meyer, 1980 des Ardennes luxembourgeoises, auquel appartiennent certainement les L. helle des Ardennes françaises.

La synonymie correcte des L. helle franco-belge est donc la suivante, en notant que cette fois, M. Leraut a bien noté que la sous-espèce nominative, L. helle helle, n'appartient pas à la faune franco-belge et la place entre crochets
1) L. helle perretei Weiss, 1977
2) L. helle leonia Beuret, 1926 = eneli Betti, 1977
3) L. helle arvernica Bernardi et de Lesse, 1952
4) L. helle magdalenae Guerin, 1959
5) L. helle arduinnae Meyer, 1980

Maculinea arion – Leraut (1980 : 128) propose les synonymies suivantes :
1) M. arion arion Linné, 1758 = eutyphron Frühstorfer, 1915 "nov. syn." = microchroa Verity, 1948, "nov. syn."
2) M. arion ligurica Wagner, 1904 = arcina Frühstorfer, 1910, "nov. syn."
3) M. arion delphinatus Frühstorfer, 1910 = tainaron Frühstorfer, 1915, "nov. syn." = vesubia Frühstorfer, 1917, "nov. syn."
4)M. arion arthurus Melville, 1873 = obscura Christ, 1878, "nov. syn." = obscuramajor Tutt, 1914, "nov. syn"
5) M. arion aglaophon Frühstorfer, 1915 = vernetensis Ch. Oberthür, 1916
6) M. arion pyrenaefuscans Verity, 1948

Mais a) la sous-espèce nominative, M. arion arion, ne fait pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce allemande).
b) eutyphron n'est pas un synonyme de M. a. arion et, en outre ne fait pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce anglaise, disparue depuis 1979)
c) microchroa du sud du bassin parisien est synonyme ou proche de gelriae Lempke, 1956, de Hollande, les deux formes ayant donc une aire de répartition discontinue, ce qui pose le problème de leur statut

subspécifique (véritables sous-espèces? formes stationelles?) mais en aucun cas microchroa n'est synonyme de l'arion nominatif.

d) arcina n'est pas un synonyme de la très distincte M. arion ligurica (Riviera française et italienne) dont elle est séparée par les aires de répartition de M. a. delphinatus et M. a. vesubia. Ce nom arcina s'applique probablement aux populations planitiaires de la Bretagne, de l'ouest de la France, etc... désignées jusqu'ici (avant la "liste Leraut") sous le nom de M. a. eutyphron, la même sous-espèce atteignant le nord des Alpes, d'où elle est décrite.

e) delphinatus est bien une sous-espèce distincte mais doit porter le nom de M. a. alconoides Keferstein, 1851, ce dernier nom ayant été considéré jusqu'ici, à tort, comme désignant une forme de M. alcon (Bernardi, non publié), mais alconoides = delphinatus n'est pas un synonyme plus récent de tairanon et vesubia.

f) tairanon n'est pas un synonyme de alconoides = delphinatus et sans aucune affinité avec ce dernier, mais ne fait pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce suisse).

g) vesubia est également une sous-espèce bien distincte, sans aucune affinité avec alconoides = delphinatus, mais appartient bien à la faune franco-belge.

h) obscura n'est pas un synonyme de M. a. arthurus, il s'agit d'une sous-espèce distincte, la plus proche de delphinatus, mais ne faisant pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce suisse), obscura à pour synonymes alpina Favre 1899 et ofenia Tutt, 1909, non cités par Leraut.

i) obscuramajor n'est pas un synonyme de M. a. arthurus, il s'agit d'un synonyme de M. arion laranda Frühstorfer, 1910, qui a encore comme synonymes magnifica Heydeman, 1910 et major Ch. Oberthür, 1916, mais ne fait pas partie de la faune franco-belge (sous-espèce italienne, du sud Tyrol).

j) il reste enfin à déterminer si microarion Beuret, 1957, décrit de stations suisses très proches de la frontière existe en France ?

Même s'il reste à préciser deux ou trois points de la variation géographique des M. arion franco-belges une synonymie plus correcte que celle de M. Leraut peut être proposée, en notant que M. a. arion, M. a. eutyphron, M. a. tainaron, M. a. obscura, M. a. laranda = obscuramajor, n'appartiennent pas à la faune franco-belge contrairement à la "Liste Leraut" (cités ci-dessous entre crochets).

1) [M. arion arion Linné, 1758]
2) [M. arion eutyphron Fruhstofer, 1915]
3) M. arion microchroa Verity, 1948 = ? gelriae Lempke, 1956
4) M. arion arcina Fruhstorfer, 1910
5) M. arion alconoides Keferstein, 1851 = delphinatus Fruhstorfer, 1910, "nov. syn."
6) [M. arion obscura Christ, 1878 = alpina Favre, 1899 = ofenia Tutt, 1909]
7) M. arion arthurus Melville, 1873
8) M. arion vesubia Fruhstorfer, 1917
9) [M. arion laranda Fruhstorfer, 1910 = obscuramajor Tutt, 1910 = magnifica Heydeman, 1910 = major Ch. Oberthür, 1916]
10) M. arion aglaophon Fruhstorfer, 1915 = vernetensis Ch. Oberthur, 1916
11) M. arion pyrenaefuscans Verity, 1948

Tous les exemples cités jusqu'ici sont empruntés aux Lycaenidae, famille à variation géographique intense, dont l'étude est par suite particulièrement favorable pour "disséquer" la "Liste Leraut" - mais les anomalies de cette "Liste" ne se limitent évidemment pas à cette famille.

On peut relever brièvement les cheminements erronés suivants, répétitifs, en citant seulement, chaque fois, un ou deux exemples (en renonçant à citer les omissions).

a) mises en synonymies de sous-espèces très distinctes, reconnues comme telles par tous les auteurs parfois depuis fort longtemps, telles que synonymie de Colias palaeno europome (sous-espèce planitiaire) et C. p. europomene (sous-espèce d'altitude), reconnues comme distinctes depuis plus d'un siècle (1861...) de même Coenonympha glycerion glycerion (sous-espèce planitaire) et C. g. bertolis (sous-espèce d'altitude), également reconnues comme distinctes depuis plus d'un siècle (1798...)

b) mises en synonymies de sous-espèces à intérêt biogéographique particulier, isolats, sous-espèces très localisées, telles que synonymie de Proclossiana eunomia ceratenensis (isolé dans les Pyrénées orientales) et de P. e. eunomia (dont les stations les plus proches de ceratenensis se trouve dans les Ardennes) ; de Coenonympha dorus microphtalma (étroitement localisée dans le Massif Central) et C. d. dorus (plus répandu dans le sud de la France).

c) erreurs géographiques consistant à attribuer à la faune franco-belge des sous-espèces absentes de ce pays ; en plus des exemples déjà cités à propos de Lycaeides argyrognomon, Eumedonia eumedon, Maculinea arion une erreur fréquente consiste à étendre à la France et à la Belgique l'aire de répartition de la sous-espèce nominative, sont ainsi cités Papilio machaon machaon et Aporia crataegi crataegi (limités à la Scandinavie), Limenitis reducta reducta (limité aux Balkans), Glaucopsyche alexis alexis (limité au sud de l'Europe Centrale)
Bien évidemment le traitement de la variation géographique dans la "Liste Leraut" reflète en premier lieu une ignorance de la biogéographie et des phénomènes évolutifs. Citons seulement, à titre d'exemple, l'invraisemblance de synonymies telles que celle bouleversant les coupes taxonomiques de Lycaena helle : il n'est pas possible qu'au sein d'une même espèce des populations aussi isolées géographiquement que deslandesi, arvernica et magdalenae sont identiques tandis que leonia et eneli qu'aucune barrière naturelle ne sépare sont différentes.

Mais en ce qui concerne les entités de grand intérêt faunistique l'essentiel est d'insister sur le rôle négatif de "Listes" telles que celle de M. Leraut en matière de

protection de la nature puisque l'endémisme de nombreuses entités est dissimulé sous des synonymies injustifiées et des extensions d'aires et ne peut plus être invoqué pour demander des mesures de protection.

Il serait intéressant d'établir si dans d'autres pays européens existent des situations comparables. Notons en passant qu'en ce qui concerne la Belgique la "Liste Leraut" omet de citer presque toutes les sous-espèces belges de Rhopalocères endémiques de ce pays ou absentes en France et présentes en Belgique, alors que la "Liste" se veut une liste franco-belge et comporte même une version néerlandaise : sont ainsi ignorées Erebia aethiops peneplena Berger, le Grypocère Heteropterus morpheus minutus Lempke. En outre Lycaeides idas batavana Beuret n'est pas un synonyme de L. i. gazeli Beuret contrairement aux affirmations de M. Leraut (batavana est décrit de Hollande, existe en Belgique en Campine, tandis que gazeli se trouve en Belgique en Gaume et en France). Il faut encore citer (en employant la nomenclature de Davenport, 1941) la présence en Belgique d'une remarquable population (éteinte) de Coenonympha tullia davus, jadis signalée de Campine, sous-espèce connue en outre d'une partie de l'Angleterre, de la Hollande, de l'Allemagne alors que C. tullia tullia se trouve dans d'autres parties de la Belgique et en France.

Le chaos et les omissions de la "Liste Leraut" en ce qui concerne la variation géographique des Rhopalocères ne reflètent donc nullement des difficultés réelles et fondamentales mais simplement un travail hatif...

Il est donc urgent de reprendre sur des bases sérieuses l'étude de la variation géographique et plus exactement de travailler à une illumination réciproque de la taxonomie subspécifique et de la cartographie (2). Citons un seul exemple de cette approche. Selon Leraut (1980 : 127) il y a en France cinq sous-espèces de Glaucopsyche alexis Poda : G. a. alexis Poda (= cyllarus Rottemburg), G. alexis maritimalpium Verity (= alpina Turati et Verity), G. a. pauper Verity, G. a. pauperella Sagarra (= subpauper Verity) et G. a. latina Hartig. Si l'on prend la peine de cartographier la variation géographique des G. alexis français on constate qu'il existe seulement deux groupes de populations -a/ dans la région méditerranéenne des populations avec un semis verdâtre réduit au revers des ailes postérieures des deux sexes et avec des femelles faiblement lavées de bleu au dessus -b/ dans le reste des la France (régions septentrionales, centrales et occidentales) des populations avec un semis verdâtre très étendu au revers des ailes postérieures et avec des femelles largement lavées de bleu. En tenant compte des caractères distinctifs attribués aux

---

(2) On me permettra de suggérer que dans le cadre de la CIE on devrait en priorité aborder la variation géographique des Rhopalocères des Alpes, travail international par excellence.

différentes sous-espèces citées par Leraut on constate que le nom subpauper (décrit de Nîmes dans le Gard) s'applique bien aux populations méridionales ; pauper, pauperella et latina (décrits d'Italie et d'Espagne) en sont proches ; par contre alexis s. str. et maritimalpium, à femelles toujours brunes sans aucun lavis bleu ne correspondent à aucune population française et désignent en fait des sous-espèces autrichienne et italienne absentes de France. Ainsi parmi les noms retenus par Leraut aucun nom ne s'applique aux populations de G. alexis de France septentrionale, centrale et occidentale mais ces populations correspondent parfaitement aux caractères distinctifs de cyllarus (décrit d'Allemagne) et cyllarus n'est donc pas un synonyme de alexis mais une sous-espèce distincte.

Or il existe désormais des moyens techniques efficaces d'une cartographie assistée par ordinateur. Nous avons affiché lors du colloque une carte des sous-espèces alpiennes de Parnassius apollo, carte indispensable pour repérer les sous-espèces déjà protégées ou nécessitant de nouvelles mesures de protection.
On rappelera que cette cartographie assistée réalisée au Secrétariat de la Faune et de la Flore permet :

a) d'obtenir simultanément des cartes à différentes échelles
b) de tracer des cartes sur un support transparent permettant de confronter les répartitions avec des données orographiques ou administratives
c) de distinguer avec précision un grand nombre de sous-espèces grâce à une combinaison de signes et de couleurs différentes, le rouge étant utilisé pour les sous-espèces menacées.

Il me reste à remercier M. Maurin pour l'aide précieuse apportée à la réalisation de ces cartes.

BIBLIOGRAPHIE.

BERNARDI (G.), 1956. – Contribution à l'étude des catégories taxonomiques : I. Avant propos, nomenclature et définitions. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 61 : 194–200.

BERNARDI (G.), 1958. – Contribution à l'étude des catégories taxonomiques : II. Les règles internationales de la nomenclature zoologique et la notation des catégories taxonomiques. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 62 : 224–250.

BERNARDI (G.), 1964. – Endémisme et catégories taxonomiques modernes. *C. R. Séances Soc. Biogéographie*, 360 : 115–129.

BERNARDI (G.), 1971. – L'espèce et ses subdivisions du point de vue de la taxonomie évolutive. *XIII[e] Congrès int. d'ent. Moscou*, I : 112.

BERNARDI (G.), NGUYEN (Th.) et NGUYEN thi Hong, 1981. – Inventaire, Cartographie et Protection des Lépidoptères de France. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschafspflege Bad. Württ.* 21 : 59–66.

HEATH (J.), 1981. – *Threatened Rhopalocera (Butterflies) in Europe.* Council of Europe, Strasbourg, 157 p.

HIGGINS (L.G.), 1941. – An illustrated Catalogue or the paleartic Melitaea. *Trans. R. Ent. Soc. London*, 91 : 175–365.

HIGGINS (L.G.), 1955. – A descriptive catalogue of the genus Mellicta Billberg and its species with supplementary notes on the genera Melitaea and Euphydryas. *Trans. R. Ent. Soc. London*, 106 : 1–131.

LECLERCQ (J.), 1980. – Analyse des 1600 premières cartes de l'Atlas provisoire des Insectes de Belgique et première liste rouge d'Insectes menacés de la faune belge. *Notes fauniques de Gembloux*, (4) : 104 p.

LERAUT (P.), 1980. – *Liste systématique et synonymique des Lépidoptères de France, Belgique et Corse.* Paris, 334 p.

MEYER (M.), 1981–82. – Révision systématique, chorologique et écologique de Lycaena helle Denis et Schiffermüller, 1775 (Lycaenidae). *Linneana Belgica*, 8 : p. 238–260, 345–358, 451–466.

VERITY (R.), 1940. – A revision of the athalia group of the genus Melitaea Fabr. *Trans. R. Ent. Soc. London*, 89 : 591–702.



SUR LA RICHESSE SPECIFIQUE ET LA RARETE COMME CRITERES D'EVALUATION DES SYSTEMES ECOLOGIQUES.

Patrick BLANDIN

Museum National d'Histoire Naturelle
Laboratoire d'Ecologie Générale
4, avenue du Petit Chateau
91800 Brunoy
FRANCE

INTRODUCTION.

La loi de 1976 relative à la protection de la nature fait obligation à chaque citoyen français de protéger le patrimoine naturel qui l'entoure. Cependant, la nécessité d'organiser l'espace pour la satisfaction des divers besoins de la Société fait que cette protection ne peut avoir la même intensité partout : la conservation de la nature doit trouver sa place dans une politique de gestion des territoires qui, en certains lieux, porte nécessairement atteinte au patrimoine naturel. On ne peut donc échapper à la tâche redoutable d'évaluer les espaces naturels en fonction de leur plus ou moins grand intérêt. Il y a là un danger évident.

Evaluer, c'est classer ; classer, c'est permettre de choisir, donc de rejeter. Bien des milieux naturels, parce qu'estimés moins intéressants que d'autres, risquent ainsi la transformation ou même la destruction par des gens qui se sentiront la conscience parfaitement tranquille.

On conçoit alors l'importance qu'il y a à fonder les critères d'évaluations sur des bases aussi rationnelles que possible. Ceci suppose:

I) que l'on ait une conception claire de ce que sont, en tant que systèmes écologiques, les espaces à évaluer ;
II) que les critères envisagés fassent appel à des méthodes de prise d'information fiables ;
III) que ces critères rendent compte de propriétés précises des systèmes écologiques évalués.

Ce sont ces trois problèmes que je voudrais évoquer ici à propos de deux critères fréquemment utilisés en évaluation des milieux : la richesse spécifique et la présence d'espèces rares.

I. L'ORGANISATION ECOLOGIQUE DE L'ESPACE : EVOLUTION DES CONCEPTS.

Les termes de milieu, de zone ou de site sont d'une extrême imprécision lorsqu'il s'agit de désigner des entités écologiques. Il est donc souhaitable qu'un critère comme la richesse spécifique se rapporte à des entités bien définies si l'on veut qu'il ait une réelle signification.

On peut évidemment penser aux entités que recouvre le concept d'écosystème. Il désigne en effet des unités spatiales caractérisées par une structure et un fonctionnement propres, exprimant dans chaque cas un système de relations entre une communauté d'espèces et un environnement particulier. Dans la pratique, cependant, il peut être difficile de délimiter certains écosystèmes, par exemple dans le

cas de passage graduel d'une structure à une autre, ou dans celui d'associations végétales formant de fines mosaïques.

En réalité, tout territoire porte un assemblage d'écosystèmes plus ou moins intimement mêlés, assemblage qui est le produit d'une histoire écologique et, le cas échéant, humaine. La gestion de l'espace se situe généralement à l'échelle de ces assemblages localisés d'écosystèmes interdépendants modelés par une histoire commune, assemblages que l'on désigne par le terme d'écocomplexe (BLANDIN et LAMOTTE, 1985).

Dans un écocomplexe, la configuration et l'étendue des écosystèmes, leur disposition relative dans un cadre géomorphologique donné, les interfaces qu'ils forment constituent une structure au sein de laquelle des flux d'organismes et de matières se combinent en un fonctionnement particulier. Deux concepts rendent tout spécialement compte de cette réalité.

Le concept de solidarité écologique correspond à l'idée que des événements survenant dans un écosystème peuvent avoir des effets dans des écosystèmes plus ou moins éloignés en raison de certaines liaisons fonctionnelles, comme celles que créent les flux d'eau et de matières dans un bassin versant.

Le concept de connectivité exprime de façon synthétique la proximité plus ou moins grande ou même la continuité existant, dans un écocomplexe, entre écosystèmes d'un même type, comme par exemple des forêts au sein d'une mosaïque bocagère.

En situation peu ou pas modifiée par l'homme, chaque écosystème se renouvelle spontanément. Des recherches de plus en plus nombreuses démontrent le rôle essentiel de certaines perturbations naturelles dans les processus de renouvellement (BLONDEL, 1986). Dispersées dans l'espace et dans le temps, ces perturbations produisent une mosaïque dynamique où coexistent les différents stades successionnels, assurant par là même, la persistance des espèces inféodées même au stades les plus transitoires. Pour rendre compte de ces faits, BLONDEL (1986) a introduit le concept de métaclimax, dont on peut donner la définition suivante :

"Au sein d'un écocomplexe, les écosystèmes représentant les divers stades successionnels d'une même série dynamique forment un métaclimax si leur agencement spatial assure une connectivité suffisante pour qu'en chaque point la succession puisse arriver à son terme, selon une dynamique spontanée qui contribue ainsi à la pérennité de l'ensemble" (BLANDIN,1986).

Dans un système de ce type, une espèce est représentée par des populations unitaires distribuées dans les stades successionnels qui lui conviennent. Les unes peuvent être en augmentation, les autres en voie d'extinction. Dans la mesure où la connectivité le permet, des échanges d'individus assurent le maintien de l'espèce de façon dynamique. Ces populations interdépendantes distribuées dans un espace

hétérogène forment, à l'échelle de celui-ci, ce que divers auteurs ont appelé une métapopulation (BLONDEL, 1986).

Tout ceci montre que la prise en compte de l'hétérogénéité comme caractéristique intrinsèque des systèmes écologiques est devenue indispensable si l'on veut comprendre leur dynamique et en tirer les enseignements utiles à la rationalisation de leur gestion (LEFEUVRE & BARNAUD, 1988).

Cette évolution des concepts, parce qu'elle privilégie l'hétérogénéité et la dynamique, oblige à reconsidérer la signification que l'on peut accorder à des critères comme la richesse spécifique et la rareté. Auparavant, il est toutefois nécessaire de réfléchir aux problèmes méthodologiques que soulèvent la mesure de la richesse spécifique et l'appréciation du degré de rareté des espèces. Un seul exemple, relatif à des invertébrés, nous suffira.

II. RICHESSE SPECIFIQUE ET RARETE : PROBLEMES DE DEFINITION ET DE MESURE.

Un peuplement d'araignées de litière forestière a été échantillonné régulièrement, pendant un an, à l'aide de deux méthodes : par piégeage et par prélèvements sur quadrats (détail des protocoles dans GEOFFROY et al., 1981 et LECORDIER et BENEST, 1982). La première a fourni N = 1245 araignées adultes, la seconde N = 731. Les fréquences relatives de chaque espèce dans ces deux échantillons ont été exprimées en pourcentages de ces totaux. Des classes de fréquence ont été arbitrairement définies et pour chacune on a considéré le nombre correspondant d'espèces représentées dans l'un au moins des échantillons (tab.1).

Fréquence maximum fx(%) observée soit par P, soit par Q	Nombre d'espèces			
	dans P uniquement	dans Q uniquement	à la fois dans P et Q	TOTAL
fx ≤ 0,5	38	10	11	59
0,5 < fx ≤ 1,0	4	0	6	10
1,0 < fx ≤ 5,0	1	0	6	7
5,0 < fx ≤ 10,0	1	0	5	6
10,0 < fx	0	0	4	4
TOTAL	44	10	32	86

Tableau 1 : Nombre d'espèces d'Araignées inventoriées au cours d'un cycle annuel dans les horizons superficiels d'un sol forestier à l'aide de deux méthodes : le piégeage (P) et la collecte sur quadrats (Q). Travail réalisé de novembre 1975 à octobre 1976 à la Station Biologique de Foljuif (Seine-et-Marne). Echantillonages : J.J. GEOFFROY ; déterminations : T. CHRISTOPHE.

L'échantillonnage par piégeage a permis la capture d'un plus grand nombre N d'individus que celui par quadrats : son rendement - " collecting success" (DISNEY, 1986) - a été supérieur. Il a également montré une meilleure efficacité - " collecting efficiency" (DISNEY, 1986)- pour la mesure de la richesse spécifique S. Cependant l'efficacité relative S/N des deux méthodes a été la même (S/N = 0,06). Il reste à savoir si un effort plus grand d'échantillonnage par quadrats conduisant à la même valeur de N pour les pièges aurait aussi conduit à la même valeur de S. A priori, ce n'est pas évident : les pièges collectent en continu, jour et nuit, les individus se déplaçant sur le sol, tandis que par quadrat on n'échantillonne que ceux qui sont présents dans la journée. Pour comparer valablement les deux méthodes, il faudrait donc étudier les variations de S/N en fonction de N.

On voit combien la richesse spécifique est un paramètre délicat à appréhender : sa mesure est très fortement dépendante de la méthode choisie et de l'effort d'échantillonnage consenti. Elle est en outre dépendante de la distribution spatiotemporelle de cet effort, bien évidemment, car la distribution des espèces n'est généralement uniforme ni dans l'espace ni dans le temps.

Un certain nombre d'espèces ont été échantillonnées par les deux méthodes à la fois, dont la majorité des espèces les plus abondantes. En revanche, les espèces fournies par une méthode seulement ont en quasi totalité des fréquences relatives très faibles. Ceci pose tout le problème de l'échantillonnage des espèces que l'on serait tenté de qualifier de rares et, du même coup, celui du concept même de rareté. DRURY (1974) distingue trois catégories d'espèces rares :

-les espèces ayant peu d'individus dans un milieu peu répandu et contraignant ;
- les espèces à large répartition mais à densité toujours faible ;
- les espèces présentes dans un petit nombre de localités ou même une seule, mais avec des populations abondantes.

L'analyse du peuplement d'un milieu doit permettre de classer les espèces "rares" qui en font partie selon ces trois catégories, à condition de ne considérer que les espèces véritablement "résidentes". Or, en réalité, parmi les espèces à fréquence très faible fournies par un échantillonnage, certaines peuvent correspondre à des individus "touristes" issus de populations inféodées à d'autres milieux.

L'interprétation correcte de la richesse spécifique d'un milieu et de la part, dans celle-ci, des divers types d'espèces rares nécessite donc des informations fiables sur les aires de répartition, les exigences écologiques et le niveau des populations de l'ensemble des espèces inventoriées. On voit ainsi l'importance de la cartographie, qui permet d'apprécier la rareté biogéographique, et l'utilité d'échantillonnages standardisés au moins semi-quantitatifs qui permettent de caractériser la rareté écologique,

situation des espèces à effectifs toujours faibles. La répétition périodique de tels échantillonnages dans des sites de référence est en outre souhaitable pour tenir compte des fluctuations saisonnières et interannuelles des populations (DISNEY, 1986).

III. SIGNIFICATION DE LA RICHESSE SPECIFIQUE.

La théorie de MACARTHUR et WILSON (1967) affirme que la richesse spécifique d'une île résulte d'un équilibre dynamique entre arrivées et extinctions d'espèces, sa valeur à l'équilibre dépendant, entre autres paramètres, de la superficie de l'île. De nombreux auteurs ont cru pouvoir en déduire des critères rationnels de détermination de la taille et de la configuration optimales des réserves naturelles (voir par exemple FRANKEL et SOULE, 1981). En particulier, les communautés seraient d'autant plus riches que les réserves seraient plus grandes. En fait, comme l'explique SIMBERLOFF (1986), cette relation tient simplement au fait que plus une territoire - insulaire ou non - est grand, plus il a de chances d'inclure des écosystèmes différents : il est bien évident que si l'on considère un seul écosystème sur un espace restreint puis, sur une plus vaste étendue, l'écocomplexe dont il fait partie, la richesse spécifique globale augmente. Toutefois, des espaces de même superficie peuvent très bien avoir des richesses spécifiques fort différentes, si certains ont des structures écologiques moins variées que d'autres.

Ainsi, la richesse spécifique ne peut être un bon critère d'évaluation si elle est seulement rapportée à une surface : elle doit être mise en relation avec la structure écologique de l'espace considéré.

A l'échelle d'un écocomplexe, la richesse spécifique rend compte d'abord de la variété des écosystèmes qui le composent. Mais l'évaluation ne peut se limiter à cet aspect : elle doit aussi permettre d'apprécier la capacité de l'écocomplexe à assurer spontanément son renouvellement, et permettre ainsi, en particulier, le maintien d'espèces qui exigent la présence dans un rayon déterminé d'un ensemble précis d'écosystèmes. En outre, certains métaclimax peuvent être représentés de façon plus ou moins complète, c'est-à-dire par tout ou partie des stades successionnels correspondants : la richesse spécifique doit aussi en dépendre.

En tant que donnée globale, la richesse spécifique ne peut guère exprimer autre chose que le degré d'hétérogénéité d'un écocomplexe. Si l'on veut aller plus loin dans l'analyse, il faut mesurer la richesse d'ensembles d'espèces dont la composition soit réellement indicatrice de propriétés structurales et fonctionnelles précises. Cela peut paraître assez aisé avec certains vertébrés, notamment les oiseaux, mais il serait intéressant de rechercher parmi les invertébrés quels groupes pourraient aussi avoir une valeur à l'échelle des écocomplexes.

C'est aussi dans une perspective fonctionnelle qu'il faut apprécier la signification de la richesse spécifique des écosystèmes. A ce niveau d'organisation, on ne peut pas d'avantage se contenter de la richesse totale, ni même, a priori, de celle de groupes d'espèces définis uniquement sur des bases taxinomiques. En effet, dans un écosystème, les espèces s'organisent en groupes fonctionnels, ensembles qui peuvent être hétérogènes d'un point de vue systématique, mais qui réunissent des organismes accomplissant une même fonction écologique, par exemple en participant à une étape précise d'un transfert trophique. Par définition, les espèces d'un même groupe sont fonctionnellement redondantes ; cependant elles n'ont pas nécessairement les mêmes optimums écologiques. En conséquence, lorsque les conditions de milieu varient, leurs fréquences relatives peuvent changer : de ce fait, la fonction qu'elles accomplissent continue d'être assurée, mais comme par un jeu de relais entre espèces. Considérée à l'échelle des groupes fonctionnels, la richesse spécifique prend ainsi une signification précise ; elle traduit la plasticité adaptative des écosystèmes, dans la mesure où la probabilité de persistance d'un écosystème est d'autant plus grande que ses divers groupes fonctionnels sont plus riches en espèces redondantes mais diverses au plan de leurs exigences écologiques.

La richesse spécifique apparait ainsi comme une propriété adaptative des écosystèmes qui peut être interprétée, d'un point de vue évolutionniste, dans le cadre des théories sur les stratégies adaptatives (BLANDIN et al., 1976 ; BLANDIN, 1980). Toutefois, ces théories soulignent le fait qu'il n'y a pas de lien obligatoire entre richesse spécifique des groupes fonctionnels et capacité de persistance des écosystèmes, sauf si l'on compare des écosystèmes homologues au sein d'une zone biogéographique homogène : des différences de richesse spécifique, pour un même groupe fonctionnel, peuvent alors traduire de réelles différences de potentialité adaptative.

CONCLUSIONS.

L'évolution des concepts relatifs à l'organisation écologique de l'espace doit conduire a une plus grande rigueur dans les procédures d'évaluation des milieux naturels. En effet, dans la mesure où un diagnostic bien fait a mis en évidence les solidarités écologiques existantes et les traits structuraux et fonctionnels majeurs d'un espace, la délimitation d'une zone d'intérêt patrimonial doit pouvoir se faire sur des bases rationnelles, en recherchant les meilleures conditions possibles d'autonomie des mécanismes de renouvellement des populations et des biocénoces.

Lorsque des zones ont été ainsi définies, des critères de comparaison comme la richesse spécifique et le degré de rareté des espèces peuvent être utilisés efficacement, à condition, évidemment, de ne pas procéder n'importe comment.

La richesse spécifique, avant même d'exprimer une valeur patrimoniale, peut déjà rendre compte de certaines potentialités, à condition d'être mesurée pour des ensembles plurispécifiques réellement indicateurs de caractéristiques structurales et fonctionnelles précises à une échelle d'organisation bien définie. Pour permettre des comparaisons entre zones, il faut évidemment que les dénombrements soient rigoureusement planifiés dans l'espace et dans le temps. En outre, une analyse critique des listes d'espèces doit être faite pour éliminer les cas évidents de présence accidentelle.

Lorsque des comparaisons entre systèmes écologiques homologues révèlent des différences de richesse pour un même groupe plurispécifique indicateur, il faut en rechercher les causes en considérant les espèces en jeu : l'explication peut être d'ordre biogéographique et faire appel à des processus strictement naturels, ou bien mettre en évidence le rôle plus ou moins récent d'activités humaines. Il est important d'apprécier l'importance relative de ces diverses causes pour établir des plans de gestion adaptés.

L'analyse de la richesse doit être combinée à la prise en compte du degré de rareté des espèces : une différence de richesse entre deux zones n'a pas la même signification selon qu'elle concerne des espèces rares ou communes. Encore faut-il savoir de quel type de rareté il s'agit : les données cartographiques sont donc indispensables, avec la meilleure précision possible. Elles ne sont cependant pas suffisantes lorsqu'il faut apprécier le statut local de chaque espèces en termes d'adéquation au contexte écologique et de niveau des populations.

Bien évidemment, plus la connaissance de la biogéographie et de l'écologie des espèces est grande, plus l'évaluation peut être affinée. Dans le cas des invertébrés, sauf exceptions, les informations sont généralement très incomplètes. Néanmoins, l'utilisation de certains groupes peut être envisagée en vue de l'obtention d'une "information minimale fiable" pouvant aider efficacement à l'évaluation. On pourrait envisager les principes méthodologiques suivants :

1- lorsque les connaissances écologiques sont insuffisantes, choisir des ensembles d'espèces ayant une certaine probabilité d'être écologiquement proches, ce qui peut être le cas - mais pas nécessairement - lorsqu'il s'agit d'espèces assez étroitement apparentées ;

2- utiliser au moins une méthode d'échantillonnage standardisée en appliquant le même protocole dans chaque système écologique homologue inventorié ;

3- décomposer la richesse spécifique par classes de fréquences relatives, qui peuvent être définies arbitrairement, et faire les comparaisons entre systèmes écologiques classe par classe.

La comparaison de la richesse pour les classes des fréquences relatives élevées, puisqu'elle porte sur les espèces abondantes, doit vraisemblablement informer principalement sur l'état des systèmes écologiques en termes de potentialités plus ou moins élevées. Dans bien des cas, une faible richesse en espèces normalement abondantes pourra traduire l'existence de processus de dégradation. L'analyse des classes d'espèces à fréquences relatives faibles devrait informer sur la richesse en espèces qui sont peut-être écologiquement rares. Ceci ne peut être définitivement tranché qu'à l'aide de connaissances écologiques suffisantes et sous réserve qu'aucun biais méthodologique n'ait provoqué une sous-estimation systématique de l'abondance de certaines espèces. Quoi qu'il en soit, la reproductibilité des procédures d'échantillonnage doit autoriser les comparaisons entre systèmes écologiques et permettre d'en tirer des conclusions.

Du seul point de vue méthodologique, la bioévaluation est un problème éminemment complexe qui n'a pu qu'être effleuré ici. Actuellement, il faut continuer de faire confiance à l'expérience et au bon sens des hommes de terrain pour aider à la prise de décision quand celle-ci ne peut attendre. En même temps, il faut approfondir la réflexion, dans le cadre d'une concertation entre "praticiens" et " théoriciens", pour consolider peu à peu les fondements rationnels de l'évaluation et de la gestion des systèmes écologiques.

REFERENCES.

BLANDIN (P.), 1980. - Evolution des écosystèmes et stratégies cénotiques. In : BARBAULT, R., BLANDIN (P.) et MEYER (J.A.) eds. : *Recherches d'écologie théorique. Les stratégies adaptatives*, Maloine, Paris : 221-235.

BLANDIN (P.), 1986. - Bioindicateurs et diagnostic des sytèmes écologiques. *Bull.Ecol.*, 17(4) : 215-307.

BLANDIN (P.), BARBAULT (R.) et LECORDIER (C.), 1976. - Réflexions sur la notion d'écosystème : le concept de stratégie cénotique. *Bull.Ecol.*, 7(1) : 391-410.

BLANDIN (P.) et LAMOTTE (M.), 1985. - Ecologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques. In : LAMOTTE (M.), éd. : *Fondements rationnels de l'aménagement d'un territoire*, Masson, Paris : 139-162.

BLONDEL (J.), 1986. - *Biogéographie évolutive*, Masson, Paris : 221 p.

DISNEY (R.H.L.). 1986. – Assessments using invertebrates : posing the problem. In : USHER (M.B.) ed. : *Wildlife Conservation Evaluation*. Chapman and Hall, London : 271–293.

DRURY (W.H.). 1974. – Rare species. *Biological Conservation*. 6 : 162–169.

FRANKEL (O.H.) et SOULE (M.E.). 1981. – *Conservation and Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge : VI + 327 p.

GEOFFROY (J.J.). CHRISTOPHE (T.). MOLFETAS (S.) et BLANDIN (P.). 1981. – Etude d'un écosystème forestier mixte. III. Traits généraux du peuplement de Macroarthropodes édaphiques. *Rev. Ecol.Biol.Sol.* 18(1) : 39–58.

LECORDIER (C.) et BENEST (G.). 1982. – Etude d'un écosystème forestier mixte. VI. Les Carabiques (col). *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 19(1) : 89–104.

LEFEUVRE (J.Cl.) et BARNAUD (G.). 1988. – Ecologie du paysage : mythe ou réalité ? *Bull. Ecol.*, 19 (4) : 493–522.

MACARTHUR (R.H.), et WILSON (E.O.). 1967. – *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton : 203 p.

SIMBERLOFF (D.). 1986. – Design of nature reserves. In : USHER (M.B.) ed. : *Wildlife Conservation Evaluation*. Chapman and Hall, London : 315–337.



ELEMENTS D'UNE CARTOGRAPHIE DES ARANEIDES DE FRANCE.

Alain CANARD* et Olivier VILLEPOUX**

*Laboratoire de Zoologie et d'Ecophysiologie
Université de Rennes I
1, avenue du Général Leclerc
35042 Rennes Cedex
FRANCE

**Laboratoire d'Ecologie Appliquée
Université de Clermont II
Les Cézeaux
63170 Aubière
FRANCE

INTRODUCTION.

Un programme d'étude cartographique des Aranéides se met en place au sein de la Société (européenne) d'arachnologie. Son ambition est de s'intéresser à toutes les espèces d'Araignées de l'Europe de l'Ouest. Mais, si les études sur ce sujet sont très avancées dans certains pays, quelques difficultés de mise en oeuvre persistent dans le nôtre.

En effet, nous sommes encore loin en France des analyses de distribution des espèces et, à plus forte raison, de la mise en évidence de leur rareté ou de leur éventuelle raréfaction.

L'organisation d'un inventaire a donc été définie, et ses modalités précisées d'après l'analyse de la situation actuelle et des buts à atteindre.

I. CONTEXTE ACTUEL.

A) LE PROBLEME, EN FRANCE, DE L'ETUDE SYSTEMATIQUE DES ARANEIDES.

Sans étude systématique, il est évidemment impossible de réaliser une cartographie des espèces. Les problèmes rencontrés à ce sujet sont de deux ordres : – il n'y a pas d'ouvrage récent d'identification ; – le nombre de systématiciens travaillant sur ce groupe ne cesse de décroître.

a) Les ouvrages d'identification.

Les "Arachnides de France" de SIMON est une oeuvre qu'il est maintenant très difficile de se procurer car elle a été publiée entre 1875 et 1932. Toutes les familles d'Araignées déjà traitées dans les tomes I–V sont reprises dans le tome VI qui constitue le dernier travail complet sur la faune de France. Mais il y a eu depuis beaucoup de descriptions d'espèces, de révisions génériques ou familiales, ce qui fait que, pour identifier des espèces, il faut recourir, en plus de la faune de SIMON, à de nombreuses publications très dispersées. Il existe heureusement des ouvrages étrangers récents et bien illustrés. Mais ceux-ci portent sur la faune de Grande-Bretagne (LOCKET, MILLIDGE et MERRETT, 1951–1974 ; ROBERTS, 1985–1987), ou celle d'Allemagne (DAHL F. et M., 1926–1937 ; REIMOSER, 1937 ; WIEHLE, 1931–1963) et ne conviennent que pour identifier des Araignées de la France septentrionale (ainsi que quelques espèces alpines). Or, le peuplement d'Aranéides de notre pays comprend, outre des espèces septentrionales, d'autres espèces méditerranéennes ou alpines en nombre non négligeable. Aussi, si la faune de Grande-Bretagne est riche d'un peu plus de 620 espèces, celle de France peut être estimée à environ 1 500 espèces. La réalisation d'un ouvrage bien illustré permettant l'identification des Araignées de France

ne serait donc pas une oeuvre inutile. Son emploi serait bénéfique pour toutes les disciplines biologiques qui utilisent du matériel aranéologique (y compris celles qui croient pouvoir se passer de la systématique). L'usage montre cependant que les commissions scientifiques françaises actuelles n'encouragent pas réellement ce genre de travail, aussi n'est-il pas étonnant que les chercheurs ne se précipitent pas pour s'y atteler.

b) Les systématiciens.

C'est indiscutablement aux systématiciens "amateurs" que l'on doit la majorité des travaux sur les Araignées. Après les auteurs du XIXème siècle (G.A. OLIVIER, C.A. WALCKENAER, L. DUFOUR), E. SIMON met en place une trame systématique encore employée de nos jours et décrit un nombre considérable d'espèces. A la même époque, R. de DALMAS (1826-1930) réalise plusieurs monographies. Par la suite, peu avant, et surtout depuis la dernière guerre, J. DENIS et E. DRESCO publient de nombreux travaux, rédigeant à eux deux plus d'articles que tous les autres auteurs de cette période réunis. Cette tradition d'amateurs très efficaces se poursuit encore (J.C. LEDOUX, J.F. CORNIC, A. LOPEZ) mais le nombre total des publications se réduit de plus en plus (fig. 1).

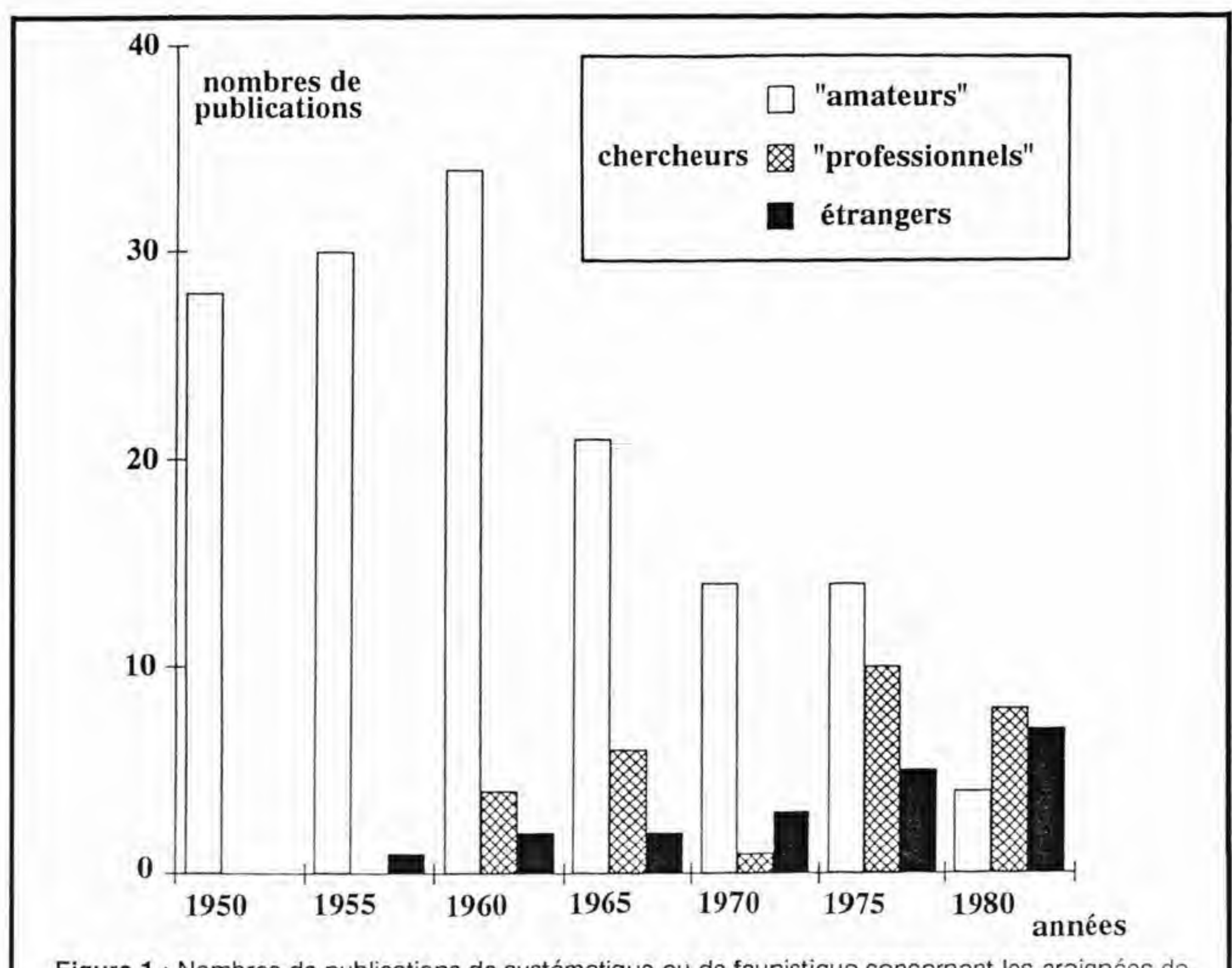


Figure 1 : Nombres de publications de systématique ou de faunistique concernant les araignées de France (entre 1950 et 1984).

ne serait donc pas une oeuvre inutile. Son emploi serait bénéfique pour toutes les disciplines biologiques qui utilisent du matériel aranéologique (y compris celles qui croient pouvoir se passer de la systématique). L'usage montre cependant que les commissions scientifiques françaises actuelles n'encouragent pas réellement ce genre de travail, aussi n'est-il pas étonnant que les chercheurs ne se précipitent pas pour s'y atteler.

b) Les systématiciens.

C'est indiscutablement aux systématiciens "amateurs" que l'on doit la majorité des travaux sur les Araignées. Après les auteurs du XIXème siècle (G.A. OLIVIER, C.A. WALCKENAER, L. DUFOUR), E. SIMON met en place une trame systématique encore employée de nos jours et décrit un nombre considérable d'espèces. A la même époque, R. de DALMAS (1826-1930) réalise plusieurs monographies. Par la suite, peu avant, et surtout depuis la dernière guerre, J. DENIS et E. DRESCO publient de nombreux travaux, rédigeant à eux deux plus d'articles que tous les autres auteurs de cette période réunis. Cette tradition d'amateurs très efficaces se poursuit encore (J.C. LEDOUX, J.F. CORNIC, A. LOPEZ) mais le nombre total des publications se réduit de plus en plus (fig. 1).

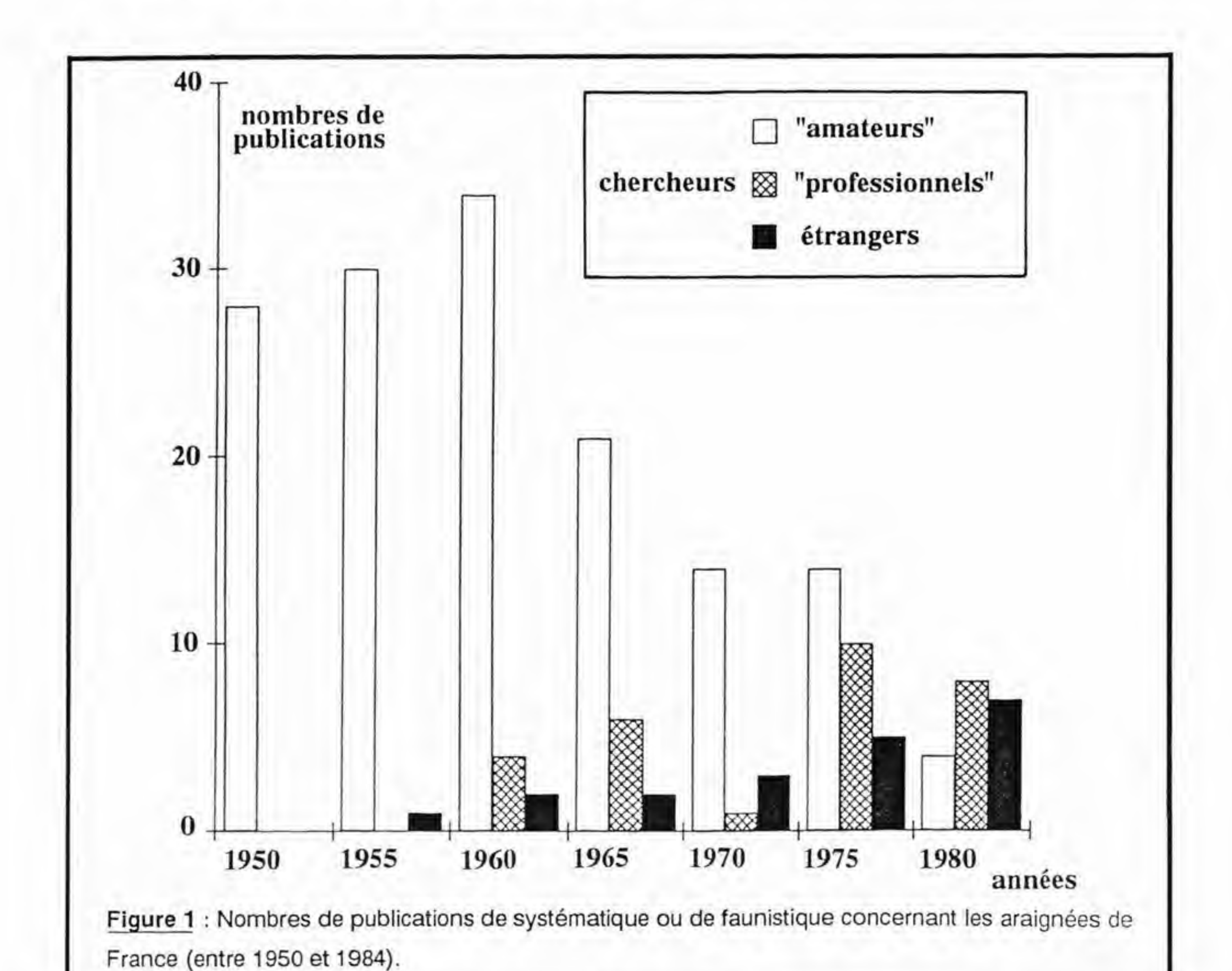


Figure 1 : Nombres de publications de systématique ou de faunistique concernant les araignées de France (entre 1950 et 1984).

Il existe tout de même des séries de travaux formant des ensembles permettant l'établissement de cartographies d'espèces, bien que souvent ils ne soient pas traités sous cette forme. La seule réalisation d'ampleur nationale concerne les espèces cavernicoles ; commencée par L. FAGE, elle a été amplifiée et poursuivie par E. DRESCO et M. HUBERT (1968-1975) (fig. 3). Il existe aussi des études régionales ou départementales qui tendent surtout à établir des inventaires, en Bretagne (DENIS, 1949 ; DRESCO, 1971-1974), en Vendée (DENIS, 1964-1972), dans les Pyrénées (BOSMANS et DE KEER, 1985, 1986).

En liaison avec notre projet général sur la faune européenne, mais traitée jusqu'ici d'une façon traditionnelle, une étude sur l'Ouest de la France est en cours de rédaction (CANARD, COUTANT, GELINAUD, MARC, ROLLARD et YSNEL). Si ce travail porte sur un inventaire basé sur des données bibliographiques et amplifié par des chasses récentes, il n'est encore qu'un reflet bien imparfait de la distribution des Araignées.

Ainsi, les espèces d'Araneides les plus communes, que l'on devrait rencontrer sur toute la région étudiée, comme Enoplognatha ovata et Araneus diadematus ne sont observées que sur un tiers des secteurs (fig. 4 ; 5). La même constatation peut être faite pour les Argiopidés (avec 35 taxons répertoriés) (fig. 6) où il apparaît encore que les plus grandes richesses observées correspondent surtout aux lieux de résidence ou de travail des auteurs (J. GUIBE en Normandie, E. DRESCO dans les Côtes-du-Nord, J. DENIS en Vendée, A. CANARD en Ille-et-Vilaine).

Nous n'en sommes donc pas encore à mettre en évidence des types de distribution particuliers, même si certains semblent déjà se dessiner pour quelques espèces : littoral (Halorates reprobus ; fig. 7), méridional (Phlegra bresnieri ; fig. 8), des grandes forêts centrales (Coelotes terrestris ; fig. 9).

Pour l'Ouest de la France, il est encore prématuré de définir des zones d'importance faunistique particulière. Par contre dans un travail sur la faune de Corse (CANARD, 1989), l'originalité du peuplement de l'île apparaît déjà. Sur un peu plus de 480 espèces, 17% sont des endémiques corses ou corso-sardes et 27% environ sont absentes de France continentale. Lorsque l'on sait que beaucoup des endémiques sont propres au maquis et que ce milieu est soumis, pour des causes diverses, à des incendies de plus en plus nombreux, l'importance d'une sauvegarde des milieux sauvages de la Corse paraît évidente.

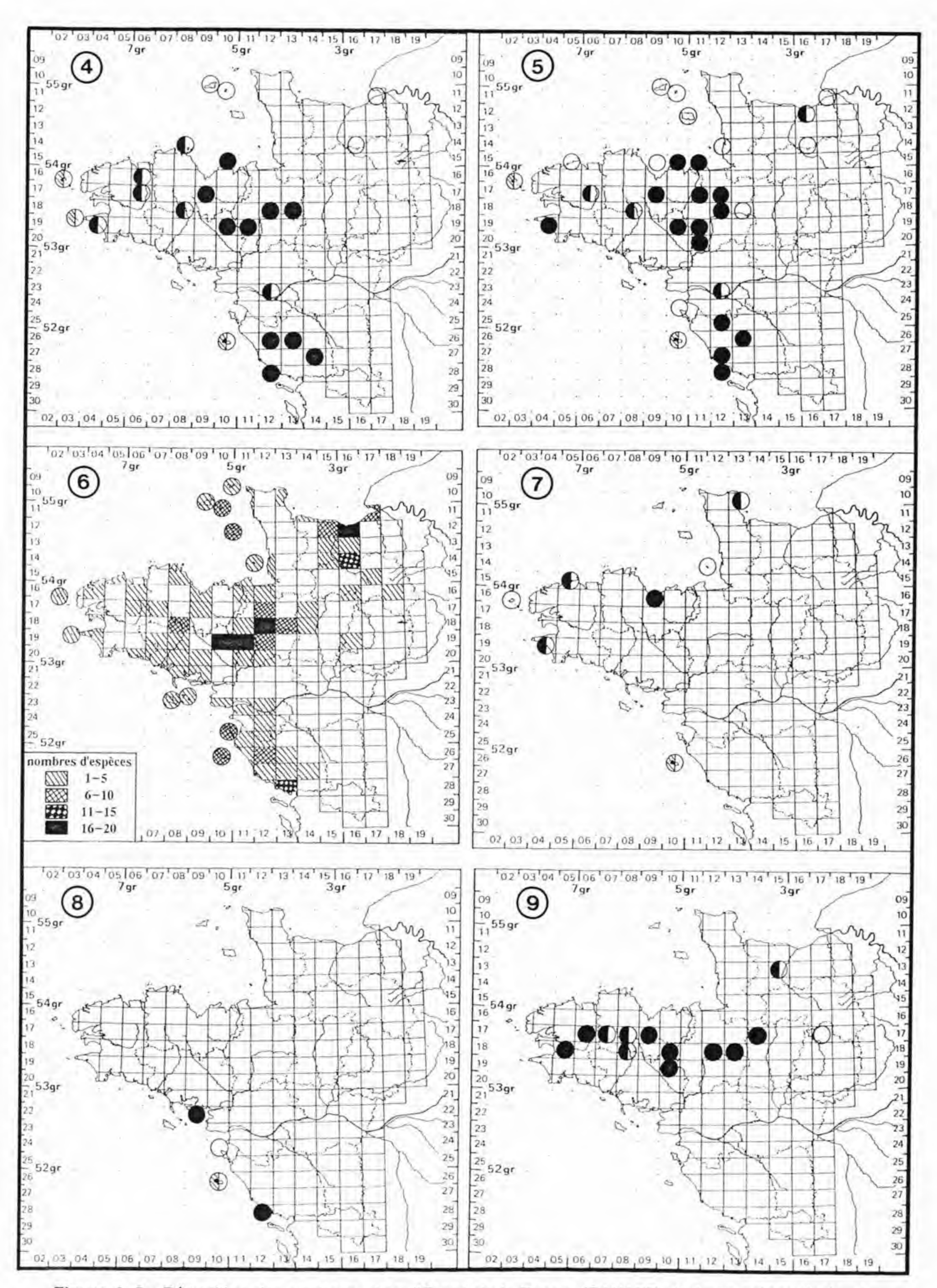


Figure 4-9 : Répartition des captures, dans l'Ouest de la France (CANARD et al., en préparation). -4. d'*Enoplognatha ovata* (Linné) ; -5. d'*Araneus diadematus* (Linné) ; -6. des espèces d'Argiopidés ; -7. d'*Halorates reprobus* P.-Cambridge ; -8. de *Phlegra bresnieri* (Lucas) ; -9. de *Coelotes terrestris* (Wider).

II. L'INVENTAIRE CARTOGRAPHIQUE.

Cette analyse de la situation actuelle conduit tout naturellement à la nécessité d'un Inventaire cartographique national, mais en suggère aussi la difficulté. La mise au point d'un tel document s'est donc faite sous l'égide de la Société d'Arachnologie, et sa réalisation en est à son début.

Une étude précise, indispensable, des besoins, des objectifs, et des possibilités, nous a permis de fixer les buts et les modalités qui en découlent pour l'organisation de l'Inventaire.

A) LES BUTS.

Le contexte actuel de la science biogéographique et la réalité aranéologique imposent un inventaire à intégration européenne et à potentialités multiples.

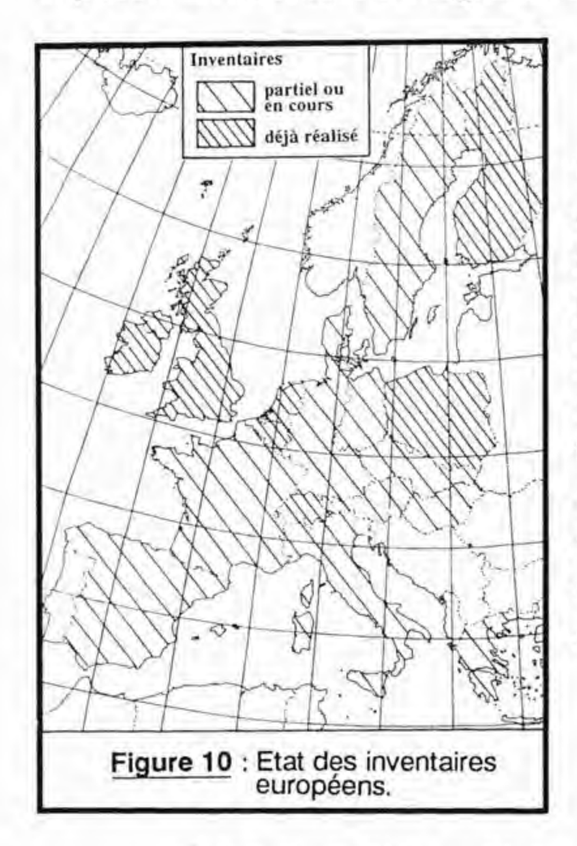


Figure 10 : Etat des inventaires européens.

a) Intégration européenne.

Les espèces ne connaissent pas de frontières politiques et l'étude des distributions doit se concevoir à l'échelle d'une grande région biogéographique, à défaut du monde entier. Or l'existence d'inventaires aranéologiques, en prévision, en cours, ou achevés, dans de nombreux pays d'Europe, permet d'espérer une telle synthèse régionale (fig. 10). Il est toutefois nécessaire que des adéquations suffisantes existent entre ces inventaires, tant du point de vue de la localisation que des paramètres pris en compte.

b) Potentialités multiples.

L'information de base d'un inventaire cartographique est la présence d'une espèce donnée dans un endroit donné. Toutefois, d'importantes corrélations relient cette présence aux autres paramètres relatifs à l'observation d'une araignée (période de l'année, stade de développement, biotope, strate de végétation, mode de capture, appartenance à une sous-espèce, comportement, etc...). Aussi l'analyse d'une distribution géographique n'est-elle complète, - et en particulier utilisable à des fins de protection -, qu'en tenant compte de ces diverses interactions. Il est donc nécessaire

d'enregistrer un nombre suffisant de caractéristiques pour préserver les potentialités multiples d'un inventaire.

B) LES MODALITES.

INFORMATIONS RECEUILLIES

ORIGINE:
- Observateur: *Nom, Prénom,Adresse*
- Déterminateur: ..*Nom*
- N° Collection: ...

LOCALISATION:
- Lieu dit: ..*Nom*
- Commune: *Nom, n° I.N.S.E.E.*
- Département: ..*Numéro*

SYSTEMATIQUE:
- Genre: ....*Nom*
- Espèce: ....*Nom, n° code*
- Sous-espèce: *Nom, n° code*

PHENOLOGIE:
- Date: ....
- Mâles,femelles,immatures:....
..*Nombre (ou fourchette)*
- Cocons: ..*Présence*

ECOLOGIE:
- Milieu: ....*Nom, code*
- Altitude: ....
- Strate de végétation: ...
- Mode de capture: ...

ETHOLOGIE:
- Activité: ....
- Toile: ....

Figure 11 : Paramètres d'une observation.

Pour atteindre ces buts, nous avons envisagé, pour l'établissement des données, un ensemble très complet de paramètres décrivant chaque observation (fig. 11). Il faut toutefois garder à l'esprit que les données initiales seront fournies par de nombreux aranéologues, éventuellement peu habitués à de tels inventaires, et astreints à des tâches régulières qui ne leur permettent de consacrer que peu de temps à ces activités "parallèles". Il est donc indispensable de simplifier au maximum les transcriptions des informations, tout en "standardisant" la présentation.

Par ailleurs, à l'autre extrémité de la procédure, l'exploitation de ces données prendra essentiellement une forme cartographique, mais dans de multiples configurations : cartes de distribution avec différents maillages selon le statut de l'espèce considérée, cartes issues du croisement de plusieurs variables, cartes "filtrées", etc... Ce traitement complexe d'une vaste masse d'informations n'est possible qu'en disposant d'un système informatique performant, allié à une grande expérience dans la gestion de tels problèmes. Aussi cette partie sera-t-elle confiée au Secrétariat de la Faune et de la Flore, spécialisé dans ce domaine. Mais cela impose, du fait du fonctionnement de ce service, une saisie informatique de données par lecture automatique de formulaires spéciaux, sur lesquels l'information est inscrite en cochant de minuscules cases numérotés. Ce travail supplémentaire de traduction ne peut être confié qu'à un personnel restreint, spécialement formé pour cet exercice.

C) L'ORGANISATION.

En réponse à ces contraintes, tant en amont qu'en aval, nous avons adopté pour l'inventaire une structure hiérarchisée à quatre niveaux (fig. 12).

a) Premier niveau : "observateur".

Il comporte la récolte, puis l'inscription des données sur fiches-standard selon des règles bien définies pour chaque rubrique.

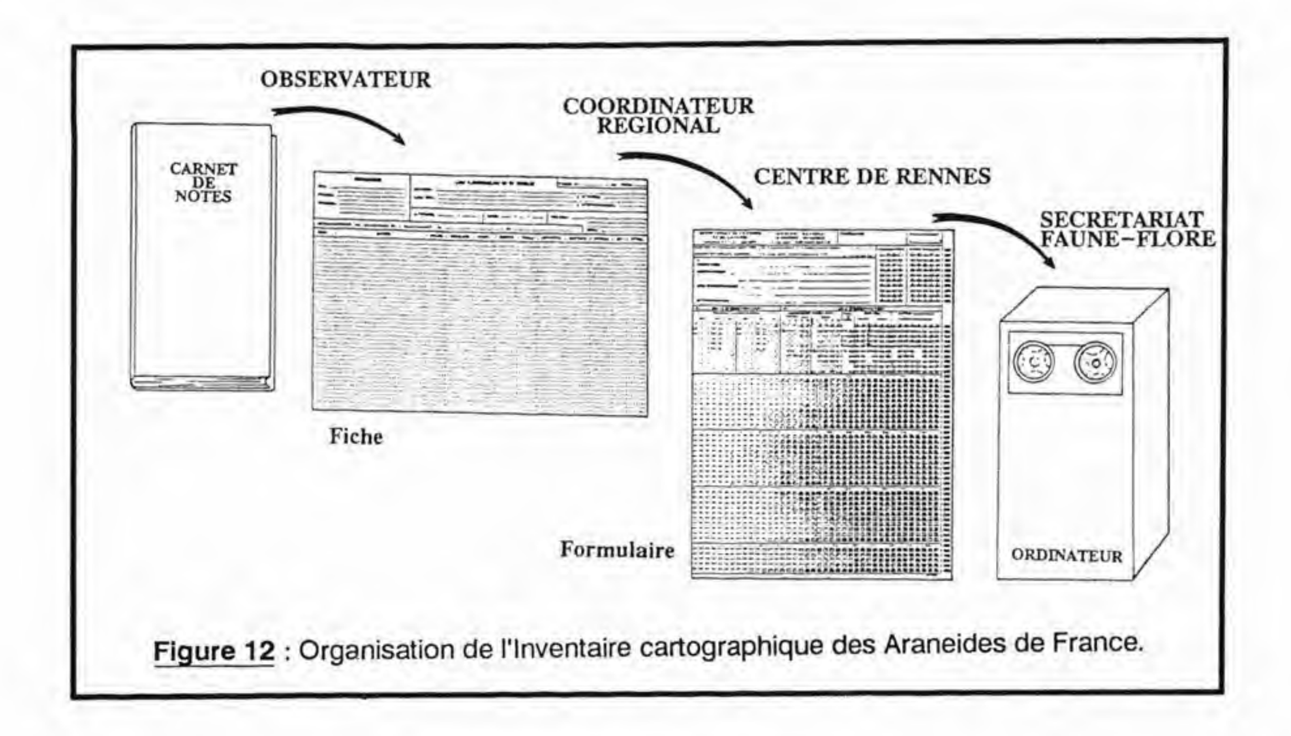


Figure 12 : Organisation de l'Inventaire cartographique des Araneides de France.

La réalité du travail de terrain nous oblige à utiliser deux modèles de fiches, le premier adapté au relevé des différentes espèces d'un même site, (de type "compte-rendu de sortie"), alors que le second recense, pour une même espèce, les différents sites (de type "fichier systématique de l'observateur").

Le souci constant d'alléger le travail des observateurs conduit à ne faire remplir certains formulaires, au codage complexe, qu'au niveau suivant.

b) Deuxième niveau : "coordinateur régional".

Le territoire national est divisé en neuf régions. Les fiches concernant les sites d'une même région sont adressées à un correspondant régional. Il se charge de compléter les rubriques codées, de vérifier la conformité des fiches, et de détecter les problèmes possibles, (en particulier de détermination).

La séparation par régions de ces intermédiaires essentiels permet à la fois un partage des tâches et une meilleure action de vérification grâce à la connaissance qu'ils ont de la géographies et de la faune locale.

Ils sont ainsi plus facilement en contact avec les observateurs réguliers de leur région, et peuvent stimuler et coordonner les prospections nécessaires au comblement des "lacunes faunistiques".

c) Troisième niveau : "centre de traduction de Rennes".

Toutes les fiches complètes sont regroupées à l'échelle nationale (centre de Rennes), afin d'être transcrites sur les formulaires à lecture automatique. Un système de numérotation et de codage permet de relier chaque formulaire à chaque fiche, et par

là, à chaque observateur, déterminateur, et spécimen conservé en collection. Cela permet toute vérification ultérieure et garantit la propriété des données.

d) Quatrième niveau : "traitement informatique".

C'est le Secrétariat de la Faune et de la Flore qui remplira ce rôle, conservera les données, et effectuera les sorties cartographiques.

CONCLUSION.

Le programme de cartographie des Aranéides de France est actuellement en cours. Sa mise en place s'effectue d'autant plus lentement qu'il manque un ouvrage d'identification des espèces complet mais simple à utiliser, et que le nombre de chercheurs français pouvant identifier des Araignées est en baisse constante.

Ce programme, tel qu'il vient d'être défini, essaye de prendre en compte les principaux problèmes qui risquent de se poser et de les résoudre. Modifications et améliorations jalonneront sans doute son déroulement.

Les premiers résultats enregistrés sont issus de travaux régionaux antérieurs à la mise en place du programme de cartographie. Ils mettent en évidence les efforts qu'il reste à accomplir pour connaître la distribution des espèces (beaucoup de secteurs n'ont pas été inventoriés). Il est encore trop tôt pour avoir des idées précises sur ces répartitions, bien que dans certains cas des tendances soient déjà relativement évidentes. Ces résultats ne permettent pas encore la mise en évidence de zones d'intérêt faunistique particulier, si ce n'est dans quelques cas comme celui de la Corse et de ses milieux sauvages où les espèces endémiques (17%) ou absentes de France continentale (27%) sont très nombreuses. L'inventaire devrait donc nous fournir un outil favorable à la réalisation d'abondants travaux, aussi bien fondamentaux qu'appliqués.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

BOSMANS (R.) et DE KEER (R.), 1985. - Espèces citées, nouvelles récoltes, bibliographies. *Inst. royal Sci. nat. Belgique*, Doc. trav.n°23 : 1-68.

BOSMANS (R.) et DE KEER (R.), 1986. - Quelques considérations biogéographiques sur les Araignées des Pyrénées (Arachnida : Araneae). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 122 : 23-34.

CANARD (A.), 1989. - Contribution à la connaissance des Aranéides de Corse (Catalogue provisoire des espèces, Premières données sur la composition des peuplements). *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, Fr., 20 : 1 - 52.

CANARD (A.), COUTANT (O.), GELINAUD (G.), MARC (P.), ROLLARD (C.), YSNEL (F.), en préparation. – Catalogue et cartographie provisoire des Aranéides de l'Ouest de la France. *Bull. Soc. Sci. Bretagne.*

CLARCK (D.J),. DUFFEY (E.) et DENIS (J.), 1970. – Araignées Vendéennes (7ème note). *Bull. Soc. Sci. Bretangne*, 45 (1–2) : 53–63.

DAHL (F.) et DAHL (M.), 1927. – Spinnentiere oder Arachnoidea. Lycosidae s. lat. (Wolfspinnen im weiteren Sinne). *Tierwelt Deutschlands*, II : 1–80.

DAHL (M.), 1926–1937. – Spinnentiere oder Arachnoidea. *Tierwelt Deutschlands.*
1926, I, Sprinspinnen (Salticidae) : 1–55.
1931, VI, 24 Familie : Agelenidae : 1–46.
1937, VIII, 19 Familie : Hahniidae : 100–114.
1937, VIII, 20 Familie : Argyronetidae : 115–118.

DENIS (J.), 1938–1969. – Eléments d'une faune arachnologique de Bretagne. *Bull. Soc. Sci. Bretagne.*
1938, 15 : 52–80.
1964a, 1962, 37 : 225–255.
1964b, 1963, 38 : 99–117.
1966a, 1964, 39 (3–4) : 159–176.
1966b, 1965, 40 (3–4) : 177–186.
1967, 1966, 41 : 189–190.
1969, 1968, 43 : 237–240.

DRESCO (E.) et HUBERT (M.), 1968–1975. – Aranea speluncarum Galliae. *Ann. Spélol.*
1968, 23 (2) : 483–500.
1975, 30 (3) : 441–450.

LE DUCHAT D'AUBIGNY (J.), 1979. – *Inventaires de Faune et de Flore. Bibliographie concernant la France. Arachnides sauf Acariens.* Min. Envir. Cadre de Vie (Faune et Flore) : 1–91.

LOCKET (G.H.), MILLIDGE (A.F.), 1951–1953 – *British Spiders.* Ray Society, London,
1951, I : 1–310.
1953, II : 1–449.

LOCKET (G.H.), MILLIDGE (A.F.) et MERRETT (P.), 1974. – *British Spiders.* Rat Society, London, III : 1–315.

REIMOSER (E.), 1937. – Spinnentiere oder Arachnoidea. *Tierwelt Deutschlands*, VIII
16 Familie : Gnaphosidae oder Plattbauchspinnen : 1–44.
17 Familie : Anyphaenidae oder Zartspinnen : 42–44.
18 Familie : Clubionidae oder Röhrenspinnen : 45–99.

ROBERTS (M.J.). 1985–1987. – *The spiders of Great Britain and Ireland*. E.J. Brill, Leiden
1985, 1 : 1–224 ; 3 : 1–256.
1987, 2 : 1–240.

SIMON (E.). 1874–1937. – *Les Arachnides de France*. Paris.
1874, I : 1–272, pl. I–III.
1875, II : 1–350, pl. IV–VII.
1876, III : 1–360, pl. VIII–XI.
1878, IV : 1–334, pl. XII–XVI.
1881, V (1) : 1–179, pl. XXV.
1884, V (2–3) : 180–808, pl. XXVI–XXVII.
1914, VI (1) : 1–308, fig. 1–537.
1926, VI (2) : 309–532, fig. 538–812.
1929, VI (3) : 533–772, fig. 813–1112.
1932, VI (4) : 773–878, fig. 1113–1501.
1937, VI (5) : 879–1296, fig. 1502–2028.

WIEHLE (H.). 1931–1963. – Spinnentiere oder Arachnoidea. *Tierwelt Deutschlands*
1931, VI, 27 Familie Araneidae : 1–136.
1937, VIII, 26 Familie Theridiidae oder Haubennetzspinnen (Kugelspinnen) : 119–222.
1953, IX Orthognatha – Cribellatae, Haplogyna – Entelegyna (Pholcidae, Zodariidae, Oxyopidae, Mimetidae, Nesticidae) : 1–150.
1956, X, 28 Familie Linyphiidae (Balbachinspinnen) : 1–337.
1960, XI, Familie Micryphantidae (Zwergspinnen) : 1–620.
1963, XII, Familie Tetragnathidae, Streckspinnen und Dickkiefer : 1–76.



UTILISATION DES ODONATES DANS LE CADRE DE LA GESTION DES ZONES HUMIDES.

Jean-Louis DOMMANGET

I.N.R.A.
Station de Zoologie
Laboratoire de Biosystématique de l'Insecte
Route de S[t] Cyr
78026 Versailles Cedex
FRANCE

INTRODUCTION.

Depuis longtemps, le développement économique de notre société a entraîné la régression de nombreux milieux naturels. Aujourd'hui, il apparaît nécessaire de les étudier et d'obtenir une connaissance suffisante de leur structure et de leur fonctionnement. En dehors de leurs aspects fondamentaux, de telles études permettront aux pouvoirs publics de disposer d'éléments les plus objectifs possibles afin d'assurer la gestion, l'exploitation et la sauvegarde à long terme des milieux naturels ou d'en faciliter l'aménagement ou la création.

L'étude de l'évolution temporelle des biocénoses, qu'elles soient naturelles ou anthropiques apporte de nombreux enseignements sur l'impact réel de l'homme et à ce titre doit être favorisée au maximum. Les insectes, dont les besoins reflètent ceux de nombreux autres animaux, constituent une composante importante de ces biocénoses ; il convient donc de les prendre en compte au même titre que les plantes ou les vertébrés.

Toutefois, pour pouvoir être utilisés dans ce sens, les différents taxa constituant le groupe doivent être caractéristiques d'un certain type de milieu et sensibles à l'évolution de ce dernier. Par ailleurs, le groupe taxonomique retenu doit être bien connu sur le plan systématique, bioécologique et répartition.

Pour les milieux aquatiques, les libellules ou odonates constituent l'un des groupes les plus intéressants comme en témoignent déjà un certain nombre d'études européennes. Sur le plan scientifique, ces insectes prédateurs, liés indissolublement aux zones humides, présentent diverses particularités qui en font un sujet d'étude privilégié :

- sur le plan général : l'origine (Stéphanien) ; la morphologie (labium, appareil de reproduction) ; l'éthologie (comportement territorial par exemple) ; les chaînes trophiques (prédateurs) ; etc.
- en France, par la présence de relictes biogéographiques (parfois endémiques à notre pays et à la Péninsule Ibérique) et par le fait qu'il existe encore une grande diversité de milieux peu ou pas modifiés par l'homme.

Bien qu'ayant une grande facilité d'adaptation et une capacité de déplacement important, les odonates doivent pourtant être considérés comme de bons témoins biologiques ; non pas (ou rarement) sur le plan spécifique, mais plutôt au niveau du peuplement dans son ensemble (qualitatif et quantitatif).

Enfin, le faible nombre d'espèces (une centaine) et le fait qu'elles soient aisément identifiables sur le terrain (imagos), constituent un avantage non négligeable des libellules par rapport aux autres groupes d'insectes.

I. ELEMENTS DE BIOLOGIE.

Lors de la ponte les oeufs sont, soit insérés dans les tissus vivants ou morts des végétaux aquatiques ou riverains (tous les Zygoptères et les Aeshnidae), soit "déposés" isolément ou par groupe au dessus de l'eau, généralement sur des herbiers immergés ; les oeufs, tombent alors sur le fond ou bien se "fixent" à l'aide d'une substance mucilagineuse qui les enrobe, sur les plantes aquatiques ou sur tout autre support. Suivant l'espèce, l'époque de ponte et les conditions climatiques, les oeufs (plusieurs centaines, en général) éclosent soit au bout de trois à quatre semaines, soit subissent une diapause et passent alors la période hivernale à ce stade. Dans ce second cas, c'est donc au bout de 7 à 8 mois que l'éclosion aura lieu. Celle-ci s'effectue très souvent de manière synchronisée ; la prolarve (stade larvaire I) s'extrait de l'enveloppe de l'oeuf puis, une fois "libre" dans l'élément liquide, réalise sa première mue.

La larve chasse à l'affût dévorant tout d'abord des infusoires et du zooplancton, puis des proies de plus en plus grosses (principalement les larves d'insectes, mais également des têtards, des larves de tritons ou bien encore des alevins). Elle est munie d'un dispositif de capture articulé : le masque, qui, projeté vers l'avant, permet la préhension des proies. Suivant les groupes ou les espèces, les larves se tiennent soit parmi les plantes immergées soit sur le fond, quelquefois enfouies dans la vase ou le limon. Elles grandissent en effectuant de 9 à 16 mues suivant les espèces. Cependant, une même espèce dans un même lieu peut avoir des variations notables du nombre de stades et de leurs durées de développement. Certaines espèces peuvent subir ou non, suivant les conditions climatiques, une diapause larvaire. La durée du développement embryonnaire et larvaire est donc variable d'un groupe à l'autre et même au sein d'une même espèce ; d'une manière générale la durée de développement (période de vol comprise) dure entre trois mois et trois ans (parfois 4 ans).

La mue imaginale (métamorphose) constitue la dernière mue de la libellule qui prend alors son aspect adulte en quittant le milieu aquatique. L'adulte (imago), encore sexuellement immature et n'ayant pas acquis sa coloration définitive s'éloigne alors fréquemment de la zone humide durant une période qui peut atteindre plus de dix jours si les conditions climatiques sont peu favorables. Carnassier comme sa larve, l'imago chasse à vue, des insectes volants (Diptères, éphémères ...) à partir d'un support ou en vol.

A la suite de cette période de maturation sexuelle, l'imago regagne un milieu aquatique dans lequel il s'alimente et s'accouple prenant parfois possession durant quelques heures, voire un, ou plusieurs jours, d'un territoire ou d'un terrain de chasse qu'il défend contre ses congénères et les autres espèces ; la femelle est nettement plus discrète et, en dehors de l'accouplement et de la ponte, elle se tient le plus souvent dans les zones périphériques. La durée de vie des imagos n'excède pas, en général, 4 à 5 semaines.

II. SOUPLESSE D'ADAPTATION.

Les odonates se rencontrent principalement dans les régions tropicales ; environ 20% des 5000 espèces actuellement connues colonisent les régions septentrionales. Dans les pays chauds, par suite d'une certaine constance climatique annuelle, les odonates sont présents toute l'année, avec cependant des populations plus importantes à certaines périodes (à la fin de la saison des pluies, par exemple). Le développement se déroule alors sans contrainte durant toute l'année et, du fait du chevauchement des générations, tous les stades larvaires d'une même espèce peuvent être présents à un même moment ; dans la majorité des cas, ces espèces n'ont pas de diapause embryonnaire ou larvaire. Par contre, les espèces qui ont colonisé les régions septentrionales ont été contraintes de s'adapter aux conditions climatiques particulières : synchronisation des émergences à la période favorable pour la reproduction de l'espèce et possibilité d'un ou plusieurs stades de repos durant les périodes froides. Devant la complexité des cycles biologiques, P. AGUESSE (1962) souligne que le fait fondamental est la présence ou l'absence de diapause au cours du développement embryonnaire et post-embryonnaire ; il reconnait ainsi deux principaux types de développement :

- avec diapause (obligatoire ou conditionnée), typique chez les groupes peuplant les régions tempérées froides;
- sans diapause (qui constituerait le type "primitif" du groupe), largement répandu dans les régions chaudes.

Afin d'illustrer de manière concrète les principaux moyens d'adaptation des odonates, le cycle de deux espèces fréquentes en France est illustré : Pyrrhosoma nymphula (Sulzer, 1776) (Figure 1.) et Aeshna cyanea (Müller, 1764) (Figure 2.).

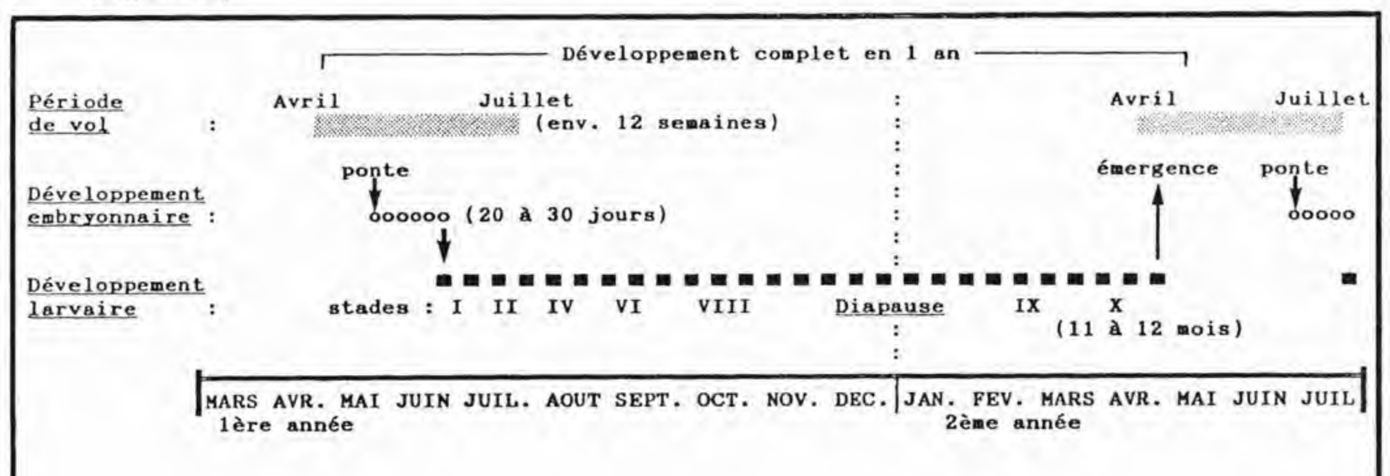


Figure 1 : Représentation schématique et simplifiée du cycle biologique de Pyrrhosoma nymphula (Sulzer, 1776) en France et en plaine (inspirée de ROBERT, 1958 et CORBET 1957). Pour plus de clarté, seule une génération de la première année a été prise en compte. LEGENDE : ▒ : période de vol des imagos ; oo : développement embryonnaire ; ■ ■ : développement post-embryonnaire ; les stades larvaires sont représentés en chiffres romain.

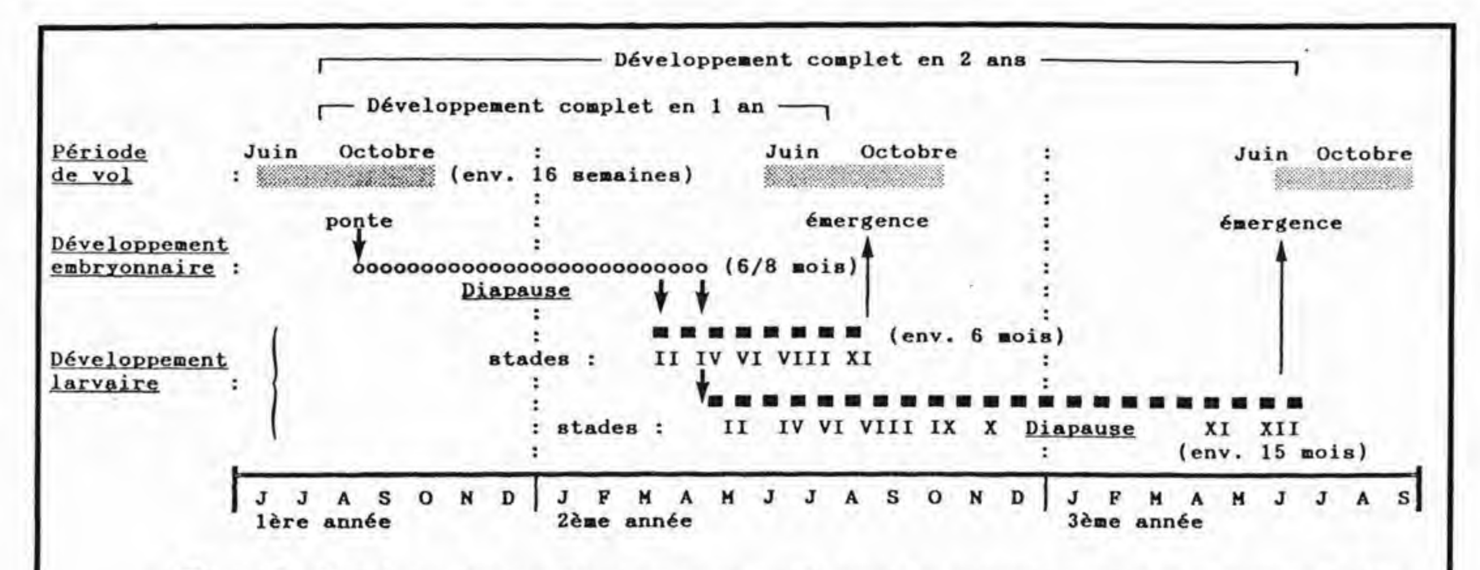


Figure 2 : Représentation schématique et simplifiée du cycle biologique d'Aeshna cyanea (Müller, 1764), en France et en plaine (d'après ROBERT, 1958 ; SCHALLER, 1960, 1977). Pour plus des clarté, seule une génération de la première année a été prise en compte. LEGENDE : voir figure 1.

En France et en plaine, P. nymphula est une espèce printanière qui apparaît à la fin avril ; les accouplements et les pontes commencent en mai et les imagos disparaissent en fin juin, début juillet. Les oeufs, sans diapause, éclosent rapidement et permettent un développement larvaire rapide durant la période estivale. En octobre-novembre, les larves subiront un arrêt de développement aux stades 7 ou 8 (en moyenne). Le cycle larvaire se terminera à la fin de l'hiver, permettant ainsi l'émergence printanière de l'espèce. Dans le Massif Central, par suite de conditions climatiques plus rigoureuses, cette espèce devient "estivale" (mi-juin à fin août) et bien que nous n'ayons pas d'indications précises sur son cycle complet dans ces conditions, il est probable qu'elle subit alors une diapause embryonnaire (au moins pour une partie de la population) ; son cycle serait alors de deux ans. En Grande Bretagne, P. nymphula réalise son cycle en 1, 2 ou 3 ans suivant les régions et les conditions locales (GARDNER & MACNEILL, 1950 ; CORBET, 1957).

Dans notre pays, Aeshna cyanea est une espèce plutôt tardive et son cycle s'effectue généralement sur deux années. Les oeufs, déposés en fin de saison (août/septembre), n'éclosent qu'au printemps suivant, à la suite d'une diapause. Les larves ne peuvent pas réaliser leur développement complet avant le mois de septembre et entrent en diapause pour la période hivernale. Le cycle larvaire se termine l'année suivante en donnant des imagos à partir de la fin juin. Cependant, si les conditions sont plus favorables (hiver plus court, température estivale plus élevée, quantité de nourriture appropriée à la taille des larves, etc...) le développement peut être plus rapide et les larves arrivées au dernier stade avant la fin juillet effectuent leur métamorphose sans diapause larvaire et réalisent leur cycle en un an. Dans les pays scandinaves, A. cyanea peut avoir un cycle de 2 à 4 années (SANDHALL, 1988). De

même, il serait, par exemple, intéressant de connaître la durée du développement pré-imaginal de cette espèce dans les tourbières du Haut Jura. Là encore, du fait des conditions climatiques rigoureuses de cette région, il se pourrait qu'A.cyanea se développe au moins sur trois années.

Ces deux exemples montrent les différentes capacités d'adaptation que l'on peut schématiquement résumer en quatre points principaux :

- possibilité d'interruption du développement sous forme de diapause, affectant lors des périodes froides, l'embryon et/ou la larve.
- nombre et durée des stades larvaires pouvant présenter des variations notables au sein d'une même espèce en fonction des conditions thermiques et/ou alimentaires (par exemple A. cyanea peut présenter entre 10 et 13 stades).
- adaptation de la période de vol en fonction des conditions optimales pour la reproduction de l'espèce.
- choix du support de ponte très variable pour les groupes à ponte endophyte (rappelons que Chalcolestes viridis, bien qu'ayant une nette préférence pour les Salix, pond dans une trentaine d'espèces végétales).

Ces divers facteurs affectant aussi bien le développement préimaginal qu'imaginal, permettent aux odonates une certaine souplesse d'adaptation face aux caractéristiques du milieu et aux conditions du moment. Pourtant, les différentes espèces montrent dans la grande majorité des cas une nette préférence quant au choix du milieu colonisé. Les caractéristiques de ce dernier sélectionnent sans nul doute la composition des populations s'y développant.

III. RELATIONS AVEC LE MILIEU.

La colonisation d'un milieu aquatique se fait assez rapidement grâce au pouvoir de dispersion et de déplacement de ce groupe d'insectes ; cependant, les Anisoptères paraissent avoir, du fait de leur vol puissant, une plus grande faculté de déplacement que les Zygoptères. Par ailleurs, il faut souligner que, plus le milieu est isolé, plus la colonisation sera lente ; de même, le peuplement odonatologique d'un milieu sera d'autant plus fragile que celui-ci sera isolé. Lors du déplacement de ces insectes (fin de la période de maturation, migrations, autres déplacements) le "repérage" d'un milieu aquatique semble être réalisé de manière optique, la présence de l'eau et de plantes aquatiques devant être déterminante. Pourtant, le hasard entre vraisemblablement pour une part non négligeable lors de la recherche d'un milieu ; il n'est d'ailleurs pas rare d'observer la ponte dans des milieux

totalement inaptes au développement de l'espèce : ponte de Sympetrum sanguineum sur les digues d'étangs ou bien encore Sympetrum striolatum pondant, après une pluie, dans les flaques d'eau sur les routes bitumées, etc.

Les milieux colonisés par les odonates sont constitués de plans d'eau peu profonds, envahis par la végétation et dont le niveau est relativement stable. L'intérêt essentiel d'un milieu aquatique d'un point de vue odonatologique est davantage lié à l'importance et à la diversité des microbiotopes qui le composent qu'à sa surface ou sa structure générale. Les différents types de milieux aquatiques sont souvent étroitement imbriqués les uns dans les autres ; ainsi, un marécage peut comprendre un espace d'eau libre avec végétation immergée et semi-aquatique, un ruisseau et une formation tourbeuse basique évoluant en tourbière à sphaignes. De même, un cours d'eau pourra avoir des zones calmes et des zones à fort courant.

De nombreux facteurs interviennent lors de la colonisation d'un milieu par une espèce, ils agissent ensuite tout au long du développement de cette dernière. Les principaux facteurs écologiques intervenant lors de la colonisation et du développement d'un odonate dans un milieu aquatique sont schématisés sur la figure 3.

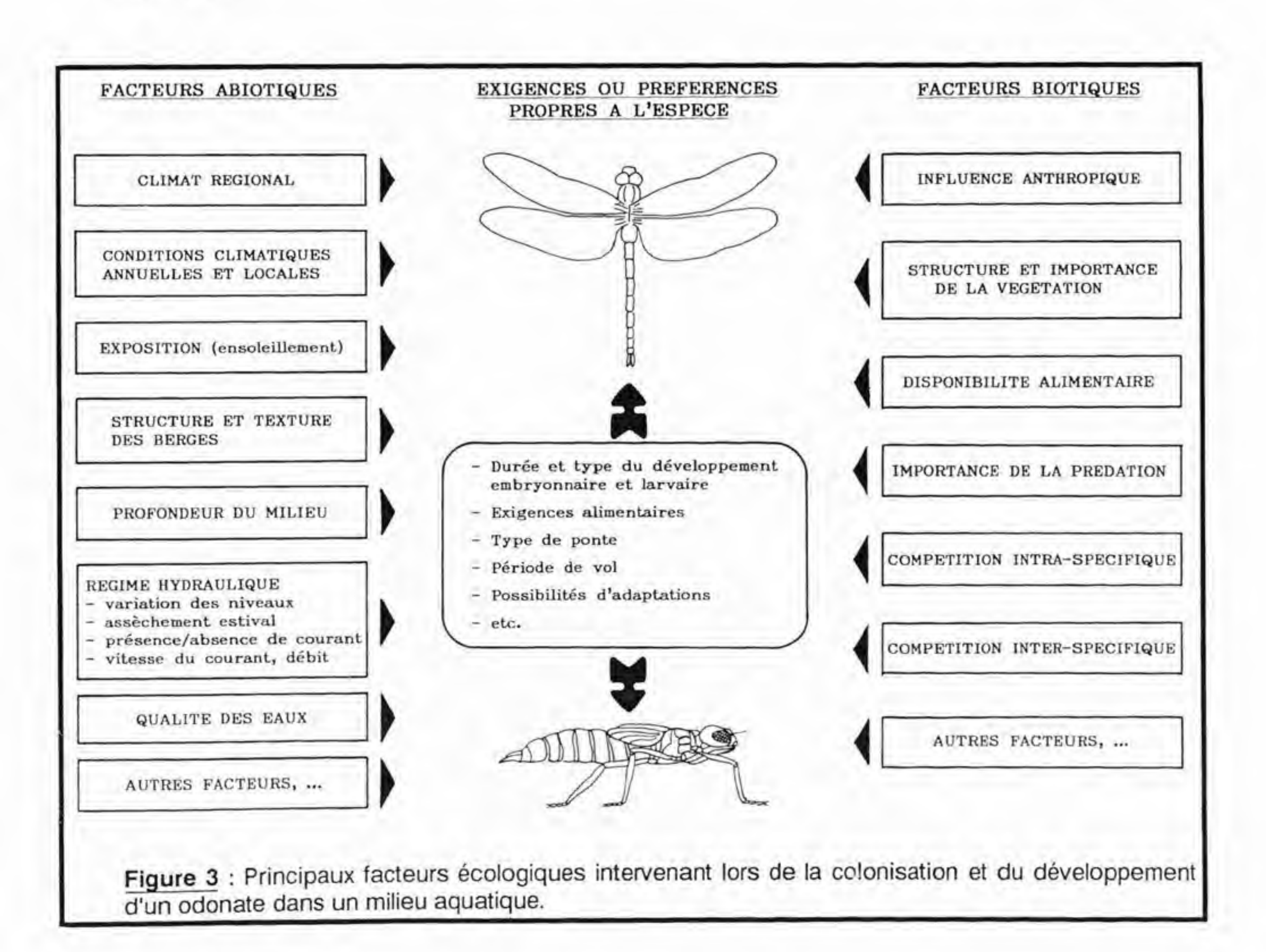


Figure 3 : Principaux facteurs écologiques intervenant lors de la colonisation et du développement d'un odonate dans un milieu aquatique.

En fonction des exigences ou des préférences propres à l'espèce (durée de développement, nombre de stades larvaires, présence ou absence de diapause, etc.), les facteurs abiotiques (température, ensoleillement, nature du substrat, qualité des eaux, variation des niveaux, etc...) et biotiques (influence anthropique, structure de la végétation, facteurs alimentaires, prédation, etc.) sont déterminants et sélectionnent la composition et le maintien des populations présentes dans le biotope. Il est très difficile de citer les facteurs les plus importants car ils sont souvent étroitement liés et les conditions écologiques d'un milieu, fort complexes, sont difficilement analysables. La figure 4 montre, d'une manière schématique et simplifiée, les diverses interactions écologiques en relation avec un Anisoptère. Ces deux figures permettent de se rendre compte de la complexité des différents facteurs intervenant dans les biocénoses. Si certaines relations n'ont que peu d'incidence sur le développement de l'espèce (par exemple le parasitisme par les diptères Ceratopogonidae ou bien encore la prédation par la Cistude d'Europe), d'autres, au contraire peuvent influencer de manière notable le développement ou même la survie de l'espèce. Les larves sont, par exemple, très sensibles aux variations des niveaux (assèchement estival), aux modifications de la structure de la végétation et des zones riveraines ; de même, elles supportent mal une surpopulation en poissons ou en oiseaux aquatiques ; elles sont également sensibles aux effets complexes de l'eutrophisation résultant des eaux résiduelles et, par suite, aux variations des caractéristiques physico-chimiques des eaux. Les imagos sont très sensibles aux modifications et surtout à la réduction de la végétations tant riveraine que celle qui est située aux alentours du milieu (gîte nocturne, brise vent, production d'insectes, etc...) ; les conditions météorologiques (températures, vent, pluie) agissent également sur le comportement des imagos et par suite sur la reproduction de l'espèce.

IV. EVALUATION DE LA FAUNE ODONATOLOGIQUE D'UN MILIEU.

La faune odonatologique française regroupe près de 100 espèces. La figure 5 illustre une première ébauche de classification des différentes tendances écologiques en fonction de quelques critères simples tels que la présence ou l'absence de courant, l'intensité du courant, l'oligotrophie ou bien encore des caractéristiques particulières (macros et microbiotopes, etc.). A la vue de ce tableau, il est possible de dégager deux catégories extrêmes : quelques espèces peuvent être considérées comme "spécialisées" à tel ou tel type de biotope (ruisselets, tourbières acides de plaine et de montagne, etc.) (7 espèces) ; les autres au contraire sont des généralistes opportunistes qui colonisent une grande variété de milieux fort différents : milieux stagnants et courants (Platycnemis pennipes), milieux de plaine et d'altitude (Enallagma cyathigerum)(10).

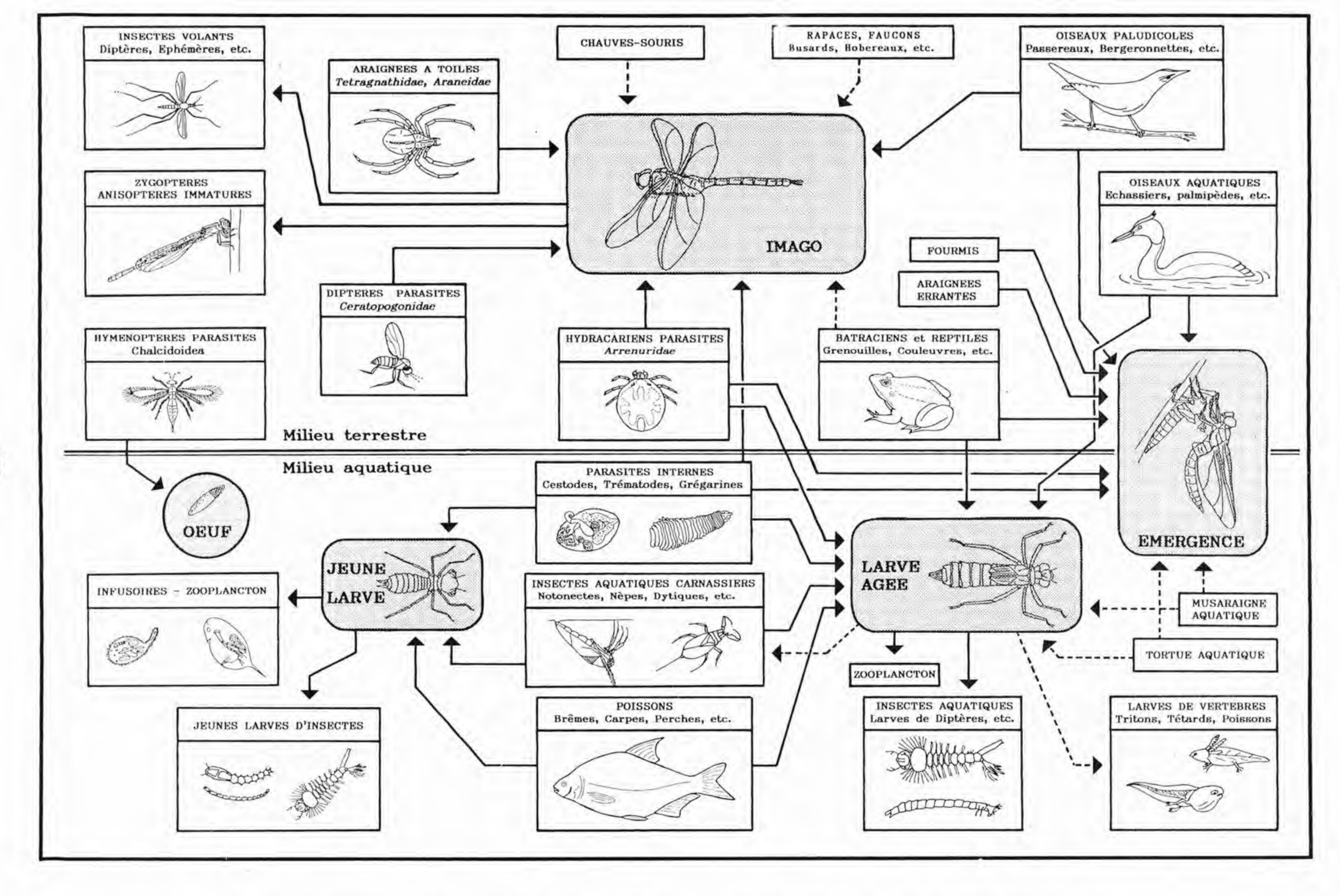


Figure 4 : Représentation schématique et simplifiée de l'écologie d'un Anisoptère dans un milieu non perturbé.

Source : MNHN, Paris

CATEG.	GR.	ESPECES	FAMILLES	SENSIBILITES (filtres)	DIST
Généralistes opportunistes		Ischnura elegans	COENAGR.	1 = milieux aquatiques en général	1
		Platycnemis pennipes	PLATYCN.	1	1
		Coenagrion puella	COENAGR.	1	1
		Enallagma cyathigerum	COENAGR.	1	1
		Cercion lindenii	COENAGR.	1	1
		Chalcolestes viridis	LESTIDAE	1	1
		Sympetrum sanguineum	LIBELLU.	1	1
		Anax imperator	AESHNID.	1	1
		Orthetrum cancellatum	LIBELLU.	1	1
		Erythromma najas	COENAGR.	1	1
Généralistes orientés	I	Coenagrion pulchellum	COENAGR.	1 + 2 (milieux lentiques)	1
		Sympetrum striolatum	LIBELLU.	1 + 2	1
		Libellula quadrimaculata	LIBELLU.	1 + 2	1
		Lestes virens	LESTIDAE	1 + 2	1
		Lestes sponsa	LESTIDAE	1 + 2	1
		Sympetrum vulgatum	LIBELLU.	1 + 2	1
		Cordulia aenea	CORDULI.	1 + 2	3
		Aeshna mixta	AESHNID.	1 + 2	1
		Aeshna affinis	AESHNID.	1 + 2	1
		Brachytron pratense	AESHNID.	1 + 2	1
		Aeshna isosceles	AESHNID.	1 + 2	1
		Sympecma fusca	LESTIDAE	1 + 2	1
		Erythromma viridulum	COENAGR.	1 + 2	1
		Lestes barbarus	LESTIDAE	1 + 2	1
		Somatochlora flavomaculata	CORDULI.	1 + 2	1
		Orthetrum albistylum	LIBELLU.	1 + 2	2
		Crocothemis erythraea	LIBELLU.	1 + 2	2
		Sympetrum meridionale	LIBELLU.	1 + 2	2
		Tarnetrum fonscolombii	LIBELLU.	1 + 2	2
		Anax parthenope	AESHNID.	1 + 2	2
		Sympetrum depressiusculum	LIBELLU.	1 + 2	2
		Stylurus flavipes	GOMPHID.	1 + 2' (milieux lotiques)	4
		Ophiogomphus cecilia	GOMPHID.	1 + 2'	4
		Boyeria irene	AESHNID.	1 + 2'	2
	II	Ceriagrion tenellum	COENAGR.	1 + 2 + 3 (milieux oligotrophes)	1
		Lestes dryas	LESTIDAE	1 + 2 + 3	1
		Epitheca bimaculata	CORDULI.	1 + 2 + 3	3
		Coenagrion hastulatum	COENAGR.	1 + 2 + 3	3
		Coenagrion lunulatum	COENAGR.	1 + 2 + 3	3
		Leucorrhinia pectoralis	LIBELLU.	1 + 2 + 3	4
		Leucorrhinia rubicunda	LIBELLU.	1 + 2 + 3	4
		Leucorrhinia albifrons	LIBELLU.	1 + 2 + 3	4
		Leucorrhinia caudalis	LIBELLU.	1 + 2 + 3	4
		Somatochlora metallica	CORDULI.	1 + 2 + 3	3
		Sympetrum flaveolum	LIBELLU.	1 + 2 + 3	3
		Sympetrum danae	LIBELLU.	1 + 2 + 3	3
		Aeshna grandis	AESHNID.	1 + 2 + 3	3
		Aeshna juncea	AESHNID.	1 + 2 + 3	3
	III	Aeshna cyanea	AESHNID.	1 + 2 + 4 (macros ou micros milieux, souvent à	1
		Platetrum depressum	LIBELLU.	1 + 2 + 4 tendance lotique)	1
		Pyrrhosoma nymphula	COENAGR.	1 + 4	1
		Ladona fulva	LIBELLU.	1 + 4	1
		Orthetrum brunneum	LIBELLU.	1 + 4	1
		Orthetrum coerulescens	LIBELLU.	1 + 4	1
		Sympetrum pedemontanum	LIBELLU.	1 + 4	3
		Ischnura pumilio	COENAGR.	1 + 4	1
		Coenagrion scitulum	COENAGR.	1 + 4	1
	IV	Calopteryx splendens	CALOPTE.	1 + 2' + 5 (eaux faiblement courantes)	1
		Calopteryx xanthostoma	CALOPTE.	1 + 2' + 5	2
		Platycnemis latipes	PLATYCN.	1 + 2' + 5	2
		Platycnemis acutipennis	PLATYCN.	1 + 2' + 5	2
		Gomphus vulgatissimus	GOMPHID.	1 + 2' + 5	1
		Gomphus pulchellus	GOMPHID.	1 + 2' + 5	1
		Gomphus simillimus	GOMPHID.	1 + 2' + 5	1
		Gomphus graslini	GOMPHID.	1 + 2' + 5	2
		Onychogomphus forcipatus	GOMPHID.	1 + 2' + 5	1
		Oxygastra curtisii	CORDULI.	1 + 2' + 5	2
		Calopteryx virgo	CALOPTE.	1 + 2' + 5' (eaux vives)	1
		Calopteryx haemorrhoidalis	CALOPTE.	1 + 2' + 5'	2
		Coenagrion mercuriale	COENAGR.	1 + 2' + 5'	1
		Onychogomphus uncatus	GOMPHID.	1 + 2' + 5'	1
		Cordulegaster boltonii	CORDULE.	1 + 2' + 5'	1
Spécialistes		Leucorrhinia dubia	LIBELLU.	1 + 2 + 3 + 6 (milieux particuliers: tourb./sphaignes)	3
		Aeshna subarctica	AESHNID.	1 + 2 + 3 + 6 (milieux particuliers: tourb./sphaignes)	3
		Somatochlora arctica	CORDULI.	1 + 2 + 3 + 6 (milieux particuliers: tourb./sphaignes)	3
		Somatochlora alpestris	CORDULI.	1 + 2 + 3 + 6 (milieux particuliers: tourb./sphaignes)	3
		Lestes macrostigma	LESTIDAE	1 + 2 + 3 + 6 (milieux particuliers: eaux saumâtres)	2
		Macromia splendens	CORDULI.	1 + 2' + 5 + 6 (milieux particuliers: retenues nat/art)	2
		Cordulegaster bidentatus	CORDULE.	1 + 2' + 4 + 6 (milieux particuliers: micros-cascades)	3

Figure 5 : Critères potentiels de sensibilité des Odonates de France (principales espèces) – CATEG. : Catégorie – GR. : Groupe (pour les généralistes orientés) – DIST. : Type de distribution (DOMMANGET, 1987) : 1 : espèces colonisant l'ensemble du territoire ou sa plus grande partie ; 2 : répartition plus ou moins méridionale ; 3 : répartition septentrionale ou orientale ; 4 : répartition indéterminée.

Entre ces deux catégories, se placent la grande majorité des espèces ; ces "généralistes orientés" sont classés en quatre groupes principaux. Le groupe I comprend, d'une part, les espèces inféodées plus particulièrement aux eaux stagnantes ; il s'agit, par ordre croissant, des taxa les plus tolérants jusqu'aux moins tolérants (21) ; d'autre part, trois espèces inféodées aux milieux lotiques ; pour Stylurus flavipes et Ophiogomphus cecilia, n'ayant pas suffisamment d'informations sur leurs exigences écologiques larvaires, il n'a pas été possible de les placer dans le dernier groupe ; quant à Boyeria irene, il semble que les larves se développent aussi bien dans les eaux faiblement courantes que vives. Le groupe II renferme les odonates préfèrant plus particulièrement les milieux oligotrophes (14). Le groupe III, les espèces se développant dans de petits milieux (fossés, mares, suintements, canaux d'irrigation, etc...), milieux souvent légèrement courants (9) ; Le groupe IV réunit les odonates inféodés aux eaux courantes, faiblement courantes d'une part (10) et eaux vives d'autre part (5).

Le nombre des espèces peuplant les milieux aquatiques est variable et dépend de nombreux facteurs qui sont, soit liés aux caractéristiques proprement dites du biotope (un marais et un suintement ne sont pas comparables), soit aux conditions externes (climat, altitude, etc...), ou bien encore à l'état d'évolution du biotope et aux diverses contraintes anthropiques agissant sur ce dernier. Par exemple, le nombre moyen des espèces se développant, en France et en plaine, dans les étangs et les rivières est illustré par la figure 6 ; en juin ou juillet il est ainsi possible de répertorier une trentaine d'espèces sur un étang et une quinzaine dans un cours d'eau (il s'agit bien entendu de moyenne).

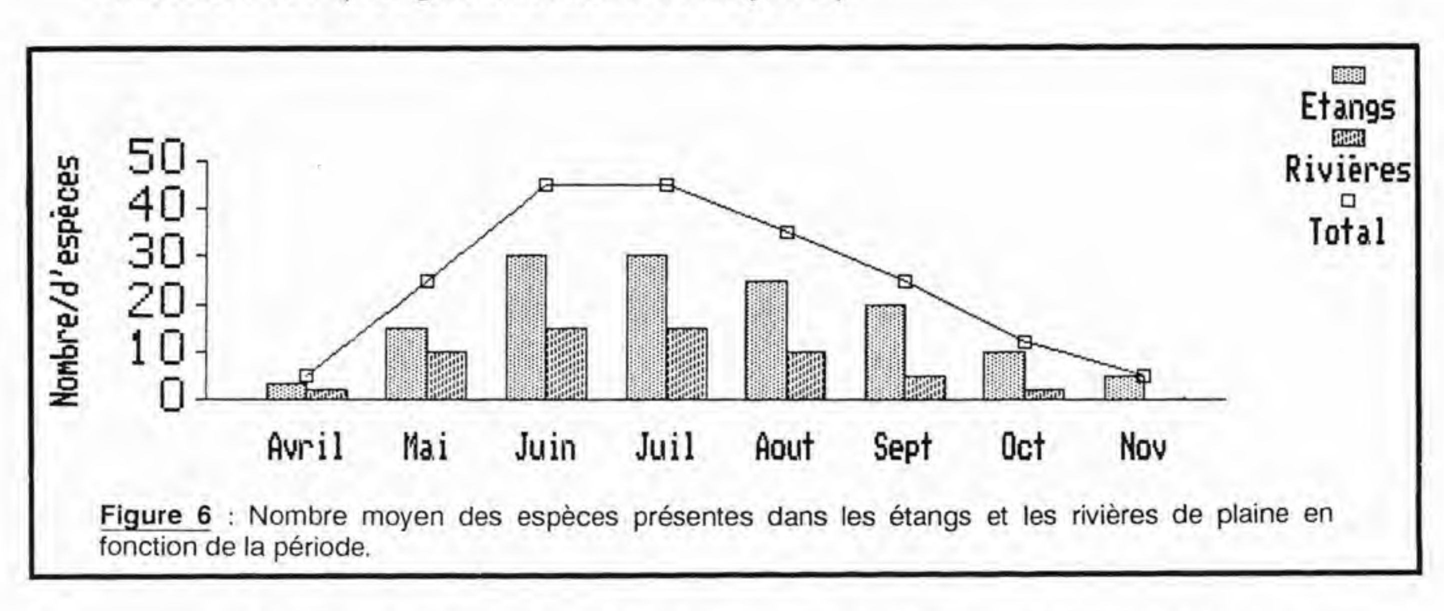


Figure 6 : Nombre moyen des espèces présentes dans les étangs et les rivières de plaine en fonction de la période.

Dans un marécage, qui sera composé de différents types de biotopes (stagnants et courants), il sera possible de répertorier plus de quarante espèces. Par contre, les gouilles d'une tourbière à sphaignes dans le Haut Jura ne comporteront qu'une dizaine d'espèces ; un suintement ou une micro-cascade ne sera colonisé que par une ou deux espèces (dans les cas les plus favorables).

Au vu de ces différentes considérations, il est donc fort difficile, voire illusoire, d'utiliser ce groupe d'insectes sur le plan spécifique ("espèce indicatrice") ; par contre, la composition des populations (du point de vue qualitatif et quantitatif) d'un milieu aquatique reflète bien les caractéristiques générales du milieu (structure, microbiotopes, disponibilité alimentaire, éventuellement pollution, etc...) ainsi que sa situation géographique (milieux méditerranéens, continentaux, septentrionaux, littoraux, montagnards, etc...). L'observation de l'évolution temporelle d'un même milieu apportera des informations nouvelles sur l'impact des transformations naturelles (atterrissement, eutrophisation) ou artificielles (anthropisation) qu'a subi ce milieu. Dans ce sens, les odonates peuvent donc être considérés comme de bons "témoins biologiques" des zones humides continentales.

Les études menées actuellement en Europe sur ce thème (DONATH, 1984a ; 1984b ; 1987 ; MOORE , 1984 ; RICQLES, 1988 ; SCHMIDT, 1981 ; 1983 ; 1985 ; etc...) montrent d'une part, l'intérêt de ce groupe et, d'autre part, qu'il est nécessaire d'envisager ces études au niveau de chaque pays ; en effet, par suite des conditions écologiques, parfois fort différentes (climat, altitude, pays fortement industrialisés, etc...) la situation odonatologique n'est pas toujours comparable, les exigences écologiques de certaines espèces paraissant parfois différentes.

Parmi ces auteurs, E. SCHMIDT (1985) propose une méthode pour caractériser et comparer la faune odonatologique des milieux aquatiques : il s'agit du "REPRESENTATIVE SPECTRUM OF ODONATA SPECIES" (RSO). Cette méthode consiste à réaliser un inventaire des espèces et à les classer en différentes groupes selon leur abondance et leur statut.

La technique proposée ci-après est directement inspirée de celle d'E. SCHMIDT avec, cependant, quelques modifications :

1) Etude faunistique du milieu.

Un inventaire complet des différentes espèces est réalisé en 2 ou 3 ans. Il est fortement conseillé d'utiliser le maximum de méthodes d'échantillonnages (observation des imagos, prélèvement des exuvies, recherche des larves au dernier stade, recherche des pontes). Toutes les espèces (même accidentelles) doivent être classées dans l'une de ces quatre catégories :

0 : espèces accidentelles ou périphériques (dont la reproduction n'est pas forcément prouvée)

1 : espèces se reproduisant tous les ans, mais dont les populations sont très faibles (quelques exemplaires seulement).

2 : espèces se reproduisant tous les ans, dont les populations sont relativement stables et assez importantes.

3 : espèces se reproduisant tous les ans, dont les populations sont toujours importantes (espèces dominantes).

En outre, les espèces dont le statut n'a pas encore été déterminé avec précision peuvent être signalées par "?".

2) Etudes complémentaires.

Des recherches bibliographiques peuvent apporter des informations utiles sur l'état antérieur du milieu. Par ailleurs, il sera nécessaire d'étudier sur place les facteurs agissant d'une manière directe ou indirecte sur les populations (eutrophisation naturelle ou anthropique, pollution, surpopulation en poissons ou en oiseaux aquatiques, déficience alimentaire, assèchement anormal, etc...). Une étude comparative peut également être réalisée avec un autre milieu paraissant similaire et n'ayant pas subi de dégradation.

L'étude de la faune odonatologique sera ensuite poursuivie afin de noter son évolution en fonction de la gestion réalisée dans le milieu.

V. ESSAI D'UTILISATION : LA CREUSE ENTRE LE BLANC ET GARGILESSE (INDRE).

Dans le cadre des études que je mène actuellement dans les départements de l'Indre et de l'Aveyron, j'ai réuni de nombreuses données sur deux rivières : la Creuse et le Tarn.

Ces informations ont été recueillies sur près de dix ans, aussi bien par l'observation des imagos que par l'étude des stades préimaginaux. Les zones étudiées sont constituées d'une quinzaine de localités sur environ 40 km pour la Creuse et d'une trentaine de localités sur environ 50 km pour le Tarn. Les résultats, présentés sur la figure 7, ont été classés en fonction de la méthode indiquée précédemment.

Rivières étudiées :	LE TARN				LA CREUSE				
Classement par groupes :	0	1	2	3	0	1	2	3	Bibl.
Calopteryx virgo meridionalis	?					X			
Calopteryx splendens								X	X
Calopteryx xanthostoma				X					X
Chalcolestes viridis		X							
Platycnemis pennipes		X						X	X
Platycnemis latipes				X					X
Platycnemis acutipennis				X					X
Ischnura elegans	X				X				
Cercion lindenii				X			X		X
Gomphus vulgatissimus			X			X			X
Gomphus pulchellus				X			X		X
Gomphus simillimus				X		X			X
Gomphus graslini			X						X
Onychogomphus forcipatus			X					X	X
Boyeria irene			X				X		X
Aeshna mixta	X				X				
Aeshna cyanea					X				
Anax imperator	X				X				
Oxygastra curtisii			X			?			X
Macromia splendens			X						
Cordulegaster boltonii	X				X				
Cordulegaster bidentatus	X								
Platetrum depressum	X								
Ladona fulva					X				
Orthetrum cancellatum	X				X				
Sympetrum sanguineum	X				X				
Totaux par groupes :	(9)	2	6	6	(8)	4	3	3	
Totaux :	14 + (9)				10 + (8)				13

Figure 7 : Tableau récapitulatif des odonates observés dans le Tarn (Aveyron) et dans la Creuse (Indre) (voir explications dans le texte). Bibl. : données bibliographiques de R. MARTIN (1886).

Comme le Tarn, la Creuse est un cours d'eau assez irrégulier mais relativement important, même aux périodes estivales. En aval du barrage d'Eguzon, la Creuse est entrecoupée par d'anciens moulins ou bien par de petits barrages de maintien de niveau ; de nombreux secteurs sont bordés de falaises (Sud de la Brenne, région de Gargilesse) ; l'eau est claire et limpide, encombrée de nombreux herbiers aquatiques (renoncules, potamots, etc.) ; les principaux paramètres physico-chimiques se sont révélés normaux lors des analyses. Bien que le Tarn soit situé à plus de 300 km au Sud, il était intéressant de faire une comparaison avec ce cours d'eau, ceci pour deux raisons (en dehors du fait que les méthodes d'échantillonnages soient identiques et donc comparables) ; d'une part parce qu'il existe de nombreuses similitudes entre les deux cours d'eau (régime, petits barrages, falaises, plantes aquatiques, paramètres physico-chimiques, etc...), d'autre part parce que la faune odonatologique présente également certaines similitudes notamment au niveau des anciennes données bibliographiques de la Creuse.

Dans le secteur étudié, la faune odonatologique du Tarn comporte 23 espèces dont 9 placées en catégorie 0. Parmi celles-ci, Calopteryx virgo meridionalis est signalé par "?" car cet odonate se développe plutôt dans les tributaires du Tarn (rivières et ruisselets) ; cependant la présence de "rapides" sur le Tarn pourrait peut-être favoriser l'espèce, cette dernière devant alors être placée en catégorie 1. Ischnura elegans, Anax imperator, Platetrum depressum, Orthetrum cancellatum et Sympetrum sanguineum utilisent les zones stagnantes situées au niveau des petits barrages hydro-électriques. Aeshna mixta est tout à fait accidentel (pas de reproduction observée), quant à Cordulegaster boltonii et C. bidentatus, il s'agit d'espèces inféodées aux tributaires du Tarn (micro-cascades et ruisselets) dont les larves sont parfois entrainées dans le cours d'eau (parmi plus de 5000 exuvies récoltées dans ce cours d'eau, une dizaine seulement concernent ces espèces). Les autres espèces sont classées en fonction de leur abondance dans les catégories 1 (2 espèces), 2 (6 espèces) et 3 (6 espèces).

La faune odonatologique de la Creuse est plus pauvre avec 18 espèces dont 8 placées en catégorie 0. Parmi celles-ci, 6 espèces sont communes avec celles du Tarn, avec en plus Aeshna cyanea et Ladona fulva ; la présence de ces deux espèces est accidentelle (aucune exuvie, ni larve récoltée). Dans la catégorie 1, quatre espèces sont signalées : Calopteryx virgo meridionalis qui se développe uniquement dans certains "rapides", Gomphus vulgatissimus et G. simillimus (quelques rares imagos observés, très peu d'exuvies) et Oxygastra curtisii (1 seule exuvie récoltée en limite de la zone étudiée, aucun imago observé). Dans la catégorie 2, trois espèces présentent des populations moyennes : Cercion lindenii, Gomphus pulchellus et Boyeria irene. Dans la catégorie 3, trois espèces également : Calopteryx splendens, Platycnemis pennipes et Onychogomphus forcipatus.

L'analyse des données de René MARTIN (1886) apporte des informations intéressantes, malgré certaines imprécisions (pas de lieux précis, importance des populations rarement signalée). Au moins 13 espèces (les espèces "périphériques" n'ont pas été prises en considération) se développaient sur la Creuse aux environs du BLANC.

En ne considérant que les espèces des catégories 1, 2 et 3, une rapide comparaison de ces trois listes apporte les résultats et les considérations suivantes :

1) Sur le plan qualitatif, la faune odonatologique de la Creuse était, il y a un siècle, assez semblable à celle du Tarn. Deux espèces seulement ne sont pas citées de la Creuse : Macromia splendens, dont l'aire de répartition n'atteint pas ce cours d'eau et Lestes viridis ; cependant, il n'est pas impossible que cette espèce ait échappé aux investigations.

La disparition de Platycnemis latipes et P. acutipennis, de Gomphus graslini et vraisemblablement d'Oxygastra curtisii ne s'explique pas à l'heure actuelle.

2) Sur le plan quantitatif, il semble qu'il y a, actuellement, une nette régression de certaines espèces (comparaison des catégories 2 et 3) par rapport aux observations de R. MARTIN et à la faune du Tarn. Par ailleurs, il faut souligner l'abondance d'Onychogomphus forcipatus dans la Creuse, l'échantillonnage des exuvies prouvant que cette espèce atteint des populations très fortes alors que, dans le Tarn, les populations d'O. forcipatus sont légèrement inférieures à celles des autres Gomphidae.

Cette rapide analyse permet de mettre en évidence une dégradation sensible de la faune odonatologique de la Creuse. Cette "dégradation" semble être aussi bien qualitative que quantitative ; seules, trois espèces paraissent avoir de fortes populations ; parmi celles-ci O. forcipatus semble occuper une place prépondérante dans le milieu.

Il est actuellement impossible de déterminer l'origine de cette situation, compte tenu des études réalisées dans le cours d'eau qui n'ont pas, jusqu'à présent, révélées d'anomalies au niveau de la qualité des eaux ou du fonctionnement de l'écosystème. Cependant, des analyses plus précises apporteront peut-être des résultats plus significatifs (pollutions particulières ?). Par ailleurs, il faut noter que le barrage d'Eguzon n'existait pas lors des observations de R. MARTIN et qu'il a certainement modifié le régime hydraulique.

Le suivi de la faune odonatologique de la Creuse et la poursuite des études écologiques apporteront vraisemblablement de nouvelles informations.

CONCLUSION.

Ce travail a permis de présenter les odonates comme un groupe taxonomique susceptible d'être utilisé dans le cadre de l'étude ou de la gestion des zones humides françaises. Etudié depuis plus de deux siècles, ce groupe d'insectes est aujourd'hui relativement bien connu ; cependant, il existe encore des lacunes sur le plan de la biologie ou de la distribution des espèces, ainsi que sur la connaissance des différentes interactions entre les populations odonatologiques et les autres facteurs liés aux écosystèmes aquatiques.

Une méthode d'étude, inspirée de celle d'E. SCHMIDT (1985) est proposée et décrite. Celle-ci doit être complétée par une étude écologique et bibliographique avec, éventuellement, l'étude d'un milieu analogue ne paraissant pas avoir subi de dégradation trop importante.

L'exemple de la Creuse (Indre), dont les résultats d'une étude récente sont comparés avec des données bibliographiques et une étude identique conduite sur le Tarn (Aveyron), permet de montrer l'utilité de cette technique dans des conditions pratiques.

La poursuite des études sur ce thème permettra, d'une part, de modifier ou d'affiner cette méthode en fonction des connaissances qui seront acquises sur la biologie et l'écologie de ce groupe d'insectes et d'autre part de servir de référence entomologique dans le cadre de la gestion des zones humides.

TRAVAUX CONSULTES.

AGUESSE (P.), 1962. - Existence de deux types de développement chez les Odonates. *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, 255 : 368-370.

AGUESSE (P.) & TESTARD (P.), 1972. - *L'importance du facteur alimentaire dans l'écologie des larves d'Odonates*. Proc. XIIIth Int. Congr. Ent., Moscow 1968, 3 : 334-335.

CORBET (P.S.), 1957. - The life-histories of two spring species of dragonfly (Odonata : Zygoptera). *Ent. Gaz.*, 8 : 79-89.

CORBET (P.S.), 1962. - *A Biology of Dragonflies*. E. W. Classey Ltd, Oxon, (reprint, 1983) : 247 p.

DOMMANGET (J.-L.), 1987. - *Etude Faunistique et Bibliographique des Odonates de France*. Inventaires de Faune et de Flore, Secrétariat Faune/Flore, M.N.H.N., Paris, Fasc. 36. : 283 p.

DONATH (H.), 1984a. - Libellen als Bioindikatoren fur FlieBgewasser. *Libellula*, 3 (3/4) : 1-5.

DONATH (H.), 1984b. - Libellen als öhologische Untersuchungsobjekte. *Biol. Schule*, 33 : 428-431.

DONATH (H.), 1984c. - Situation und Schutz der Libellenfauna in der Deutschen Demokratischen Republik. *Ent. Nachr. Ber.*, 28 : 151-158.

DONATH (H.), 1987. - Vorschlag fur ein Libellen-Indikatorsystem auf okologischer Grundlage am Beispiel der Odonatenfauna der Niederlausitz. *Ent. Nachrichten Berichte*, 31 (5) : 213-217.

GARDNER (A.E.) & MACNEILL (C.N.), 1950. - The life history of Pyrrhosoma nymphula (Sulzer) (Odonata). *Ent. Gaz.*, 1 : 163-182.

KNAPP (E.), KREBS (A.) & WILDERMUTH (H.), 1983. - Libellen. *Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen*, 35 : 1-90.

MARTIN (R.), 1886. - Les Odonates du département de l'Indre. *Revue Ent.*, 5 : 231-251.

MOORE (N.W.), 1984. - Dragonflies as Indicators of Environmental Health. *Newsl. Spec. Survival Comm. IUCN* : 7-8.

REYGROBELLET (J.-L.) & CASTELLA (E.), 1987. - Some observations on the utilization of groundwater habitats by Odonata larvae in an astatic pool of the Rhone alluvial plain (France). *Adv. Odonatol.*, 3 : 127-134.

RICQLES (A.) de, 1988. - Les Odonates de Dordogne et leur intérêt comme indicateurs de l'évolution des milieux à moyen terme. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 43 : 177-194.

ROBERT (P.A.), 1958 - *Les Libellules (Odonates).* - Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, Paris, : 1-364.

SANDHALL (Å.), 1987. - *Trollsländor i europa*. Interpublishing, Stockholm : 1-251.

SCHALLER (F.), 1960. - Etude du développement post-embryonnaire d'Aeshna cyanea Müll. *Annls. Sci. nat.*, 12 (2) : 751-868.

SCHALLER (F.), 1977. - Rôle de la température dans le développement d'Aeshna cyanea Müll. (Insecte, Odonate) : recensement des stades larvaires d'un biotope sur une période de quatre ans. *Bull. Assoc. philom. Alsace Lorr.*, 16 : 21-28.

SCHALLER (F.) & MOUZE (M.), 1970. - Effet des conditions thermiques agissant durant l'embryogénèse sur le nombre et la durée des stades larvaires d'Aeschna mixta (Odon. Aeschnidae). *Ann. Soc. ent. Fr.*, 6 (2) : 339-346.

SCHMIDT (Eb.), 1981a. - Quantifizierung und Analyse des Rückganges von gefährdeten Libellenarten in der Bundesrepublik Deutschland (Ins. Odonata). *Mitt. dt. Ges. allg. angew. Ent.*, 3 : 167-170.

SCHMIDT (Eb.), 1981b. - Aktuelle Problematik faunistischer Arbeiten über Odonaten in der Bundesrepublik Deutschland. - *Libellula*, 1 : 5-11.

SCHMIDT (Eb.), 1983. – Odonaten als Bioindikatoren fur mitteleuropaische Feuchtgebiete. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*, 131–136.

SCHMIDT (Eb.), 1985. – Habitat inventarization, characterization and bioindication by a "representative spectrum of Odonata species (RSO)". *Odonatologica*, 14 (2) : 127–133.



ATLAS DES ODONATES ET DES RHOPALOCERES DE SUISSE. APPORT A LA ZOOGEOGRAPHIE ET A LA BIOEVALUATION.

Yves GONSETH et Christophe DUFOUR

Musée d'Histoire Naturelle
Centre Suisse de Cartographie de la Faune
14, rue des Terreaux
CH – 2000 Neuchâtel
SUISSE

INTRODUCTION.

Depuis sa fondation en 1985, le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF) utilise et perfectionne une méthode de traitement, d'analyse et de représentation cartographique de données faunistiques basées sur le programme "Oracle". A ce jour quatre groupes d'insectes traités par cette méthode ont fait l'objet de publications : les Diptères Tipulidae (DUFOUR, 1986), les Diptères Limoniidae (GEIGER, 1986), les Odonates (MAIBACH & MEIER, 1987) et les Lépidoptères diurnes (GONSETH, 1987) et quatre projets nouveaux sont en phase de réalisation : les Myriapodes, les Diptères Hippoboscides, les Trichoptères et les Araignées.

Les données recueillies par le CSCF concernent l'ensemble du territoire suisse et proviennent de recherches bibliographiques et muséographiques ainsi que d'observations récentes fournies par de nombreux collaborateurs bénévoles. Elles sont saisies avec une précision égale ou supérieure au Km^2, alors que les cartes de distribution des espèces, tracées grâce à un programme développé à cette seule fin, sont dressées sur une grille dont les mailles sont plus grossières (25 Km^2).

Basé sur une analyse combinée des informations stockées dans les banques de données "Odonate" et "Rhopalocère", cet article illustre les résultats concrets qu'elles peuvent apporter dans des domaines aussi divers que la zoogéographie et la bioévaluation. Leur apport à la zoogéographie sera d'une part une meilleure connaissance de la chorologie (étude de la répartition des espèces) et d'autre part la mise en évidence de l'action de facteurs écologiques sur la distribution des espèces. Leur apport dans le domaine de la bioévaluation concerne directement la protection de la nature en fournissant des indices chiffrés décrivant la valeur de sites ou de complexes faunistiques.

I. APPORT A LA ZOOGEOGRAPHIE.

L'interprétation des distributions d'Invertébrés en Suisse peut être faite dans une perspective géographique, mésoclimatique ou écologique.

A) EXEMPLES DE FACTEURS GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES.

Située au coeur de l'Europe, la Suisse représente, malgré sa faible superficie, une région dont la faune est extrêmement diversifiée. En effet, sur une surface totale (41 000 Km^2) qui n'excède pas 0,4% de celle de l'Europe, sont répertoriées respectivement 68 et 57% des espèces européennes d'Odonates et de Rhopalocères (Hesperioidea et Papilionoidea). Si cette richesse en espèces peut être imputable à sa diversité topographique (garante d'une forte diversité mésoclimatique),

elle trouve aussi sa source dans le lien qui l'unit à d'importants bassins fluviaux européens, axes de pénétration pour de nombreuses espèces.

- La région lémanique, le versant sud du Jura occidental et le Valais s'ouvrent sur le bassin du Rhône.
- Le Tessin et les vallées sud des Alpes s'ouvrent sur le bassin du Pô.
- L'Engadine s'ouvre sur le bassin du Danube.
- Les Grisons, la Suisse orientale et septentrionale s'ouvrent sur le bassin du Rhin.
- Le versant nord du Jura est en contact avec les plaines d'Europe occidentales.

La figure 1 illustre ce fait pour quelques espèces de Rhopalocères : Coenonympha hero dont la répartition européenne est surtout nord orientale ; Neptis rivularis dont la répartition européenne est surtout sud orientale ; Brintesia circe dont la répartition européenne est surtout sud occidentale ; Mellicta asteria qui est une endémique des Alpes orientales.

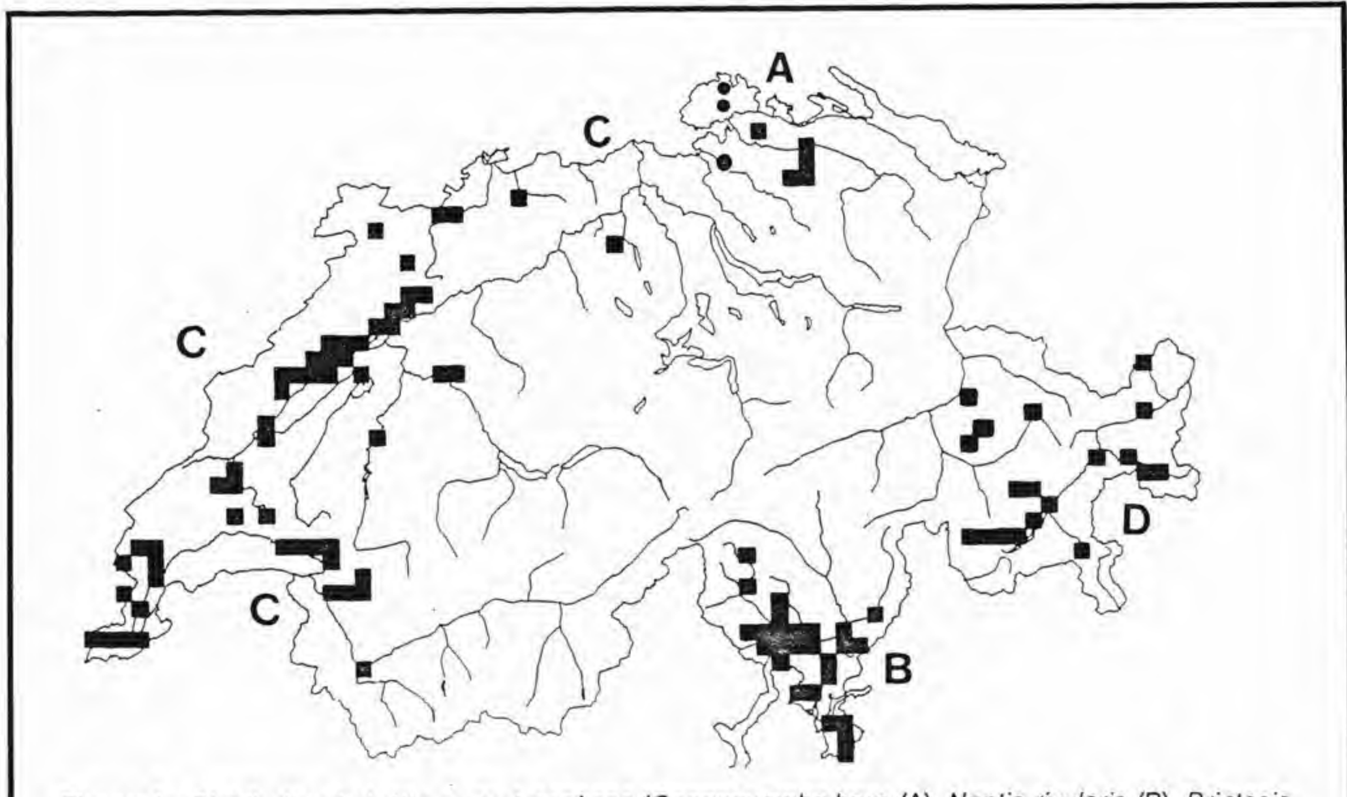


Figure 1 : Distribution helvétique de 4 espèces (*Coenonympha hero* (A), *Neptis rivularis* (B), *Brintesia circe* (C), *Mellicta asteria* (D)) illustrant certains axes de pénétration possibles pour les Rhopalocères européens. Le symbole ● indique une région où deux espèces coexistent.

A l'interprétation géographique s'ajoute l'action de facteurs mésoclimatiques. Une rapide analyse de la figure 2 souligne cet effet pour deux espèces d'origine méditerranéenne, Plebicula amanda et Brintesia circe, dont les distributions helvétiques

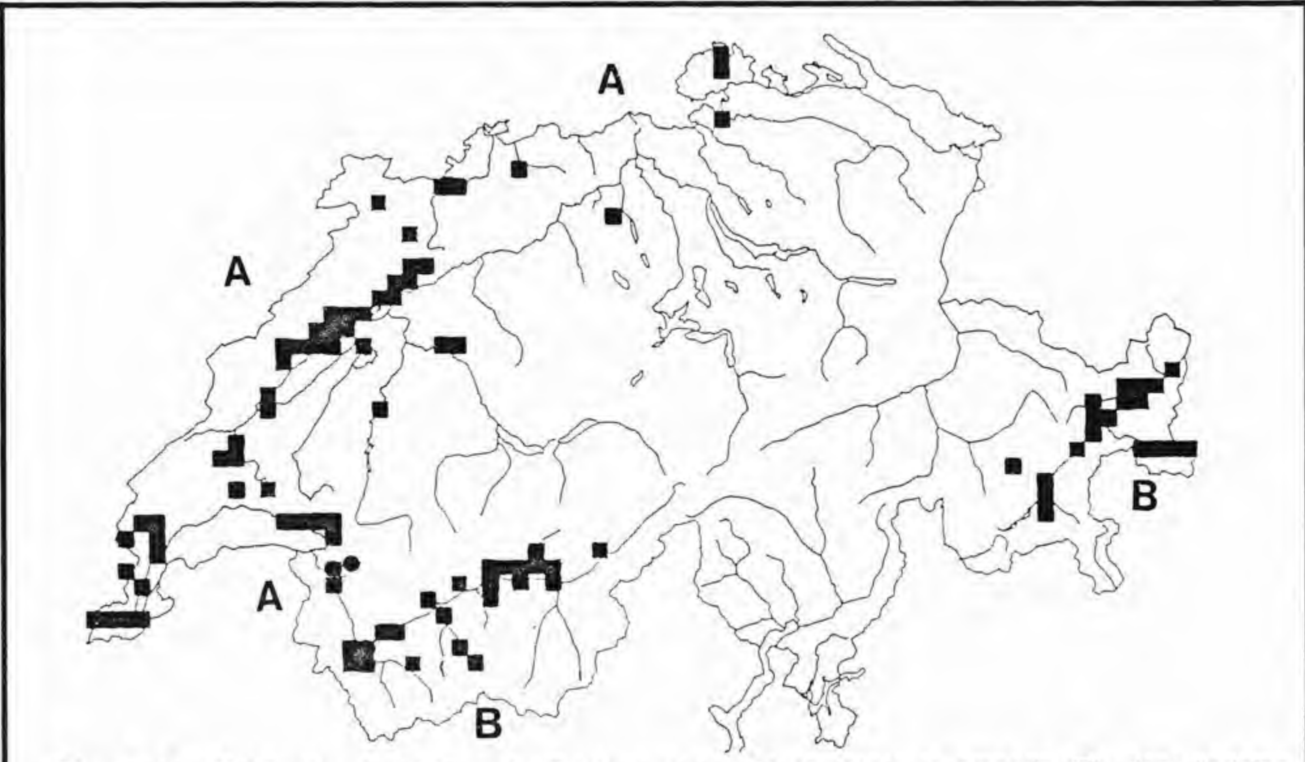


Figure 2 : Distribution helvétique de *Brintesia circe* (A) et *Plebicula amanda* (B), dont l'origine méditerranéenne est commune, mais dont la distribution helvétique est tributaire de facteurs mésoclimatiques. Le symbole ● indique une région où les deux espèces coexistent.

sont distinctes. Cette anomalie s'explique probablement par les caractéristiques mésoclimatiques très différentes des régions qu'elles colonisent. P. amanda, espèce xerothermophile, n'est présente que dans les régions dont le mésoclimat a une nette tendance continentale (étés chauds, secs et hivers rigoureux), soit le Valais et l'Engadine, alors que B. circe, espèce thermophile, n'est répandue que dans les régions chaudes du pays dont le mésoclimat a une tendance océanique (étés chauds plus humides, hivers plus doux), soit essentiellement le versant sud du Jura et le bassin lémanique.

B) EXEMPLES DE FACTEURS ECOLOGIQUES.

L'association d'espèces avec leurs plantes-hôtes ou avec certains types de milieux peut éclairer l'analyse de leur distribution, cette association dépendant largement du taxon étudié.

Les Lépidoptères diurnes étant essentiellement phytophages, leur distribution est tributaire de celle de leur(s) plante(s)-hôte(s). Un cas particulièrement évident est fourni par la distribution helvétique de Boloria aquilonaris (fig. 3) qui concorde parfaitement avec celle de son unique plante-hôte Oxycoccus quadripetalus (fig. 4). Ce papillon n'est donc présent que dans les tourbières du Jura, du versant nord des Alpes et de l'Engadine et manque dans les autres tourbières du pays.

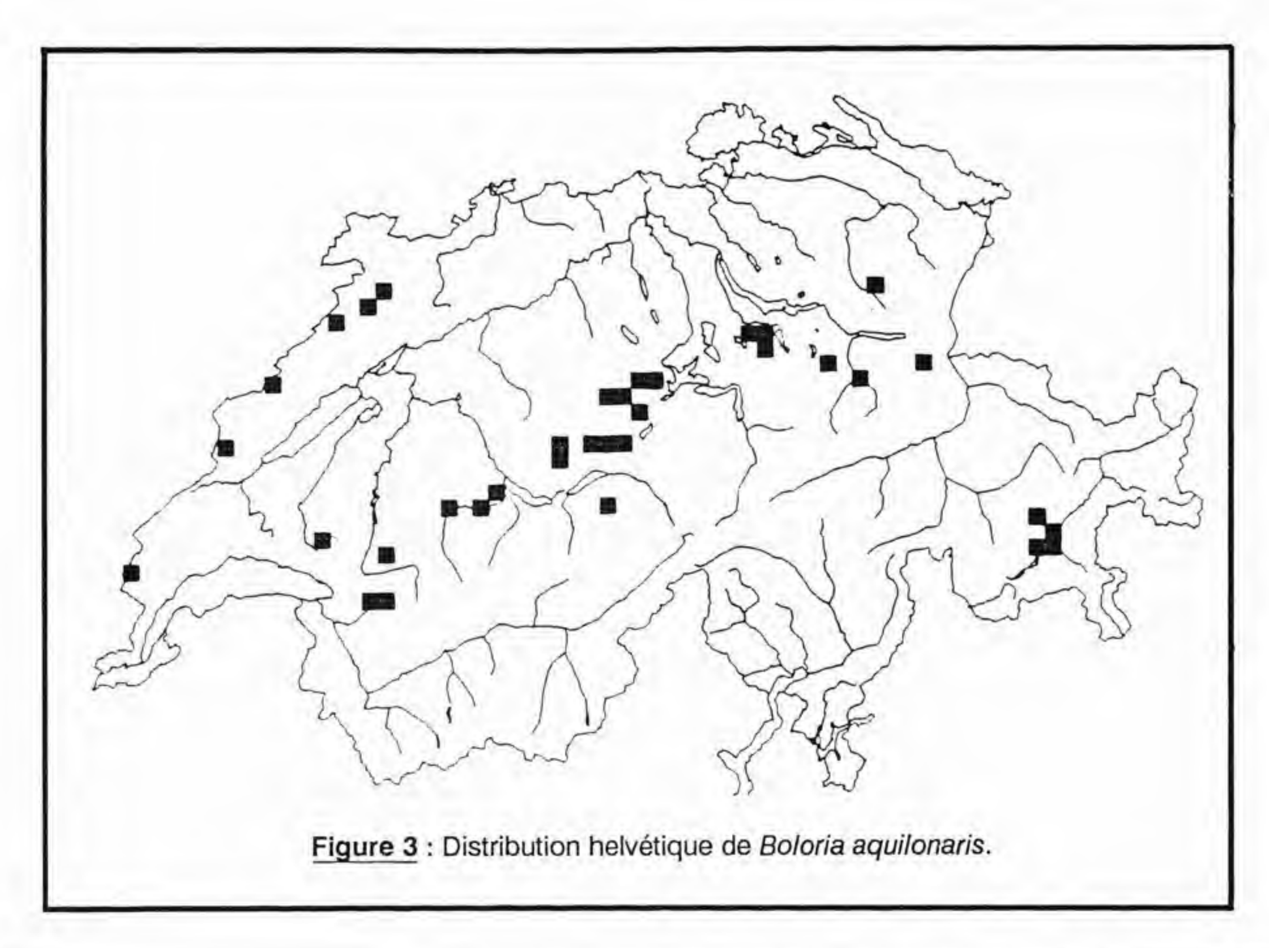


Figure 3 : Distribution helvétique de *Boloria aquilonaris*.



Figure 4 : Distribution helvétique d'*Oxycoccus quadripetalus*, unique plante-hôte de *Boloria aquilonaris*.

Les Odonates sont de toute évidence plus sensibles à la structure spatiale de leur habitat qu'à la présence de certains éléments floristiques. Cette constatation est étayée par la distribution helvétique de Somatochlora arctica (fig. 5) qui, comme B. aquilonaris, est essentiellement liée aux tourbières. Or, si sa distribution générale concorde bien avec celle de ce papillon, ses exigences moins restrictives lui ont permis de coloniser en plus certaines tourbières valaisannes, grisonnes ou tessinoises.

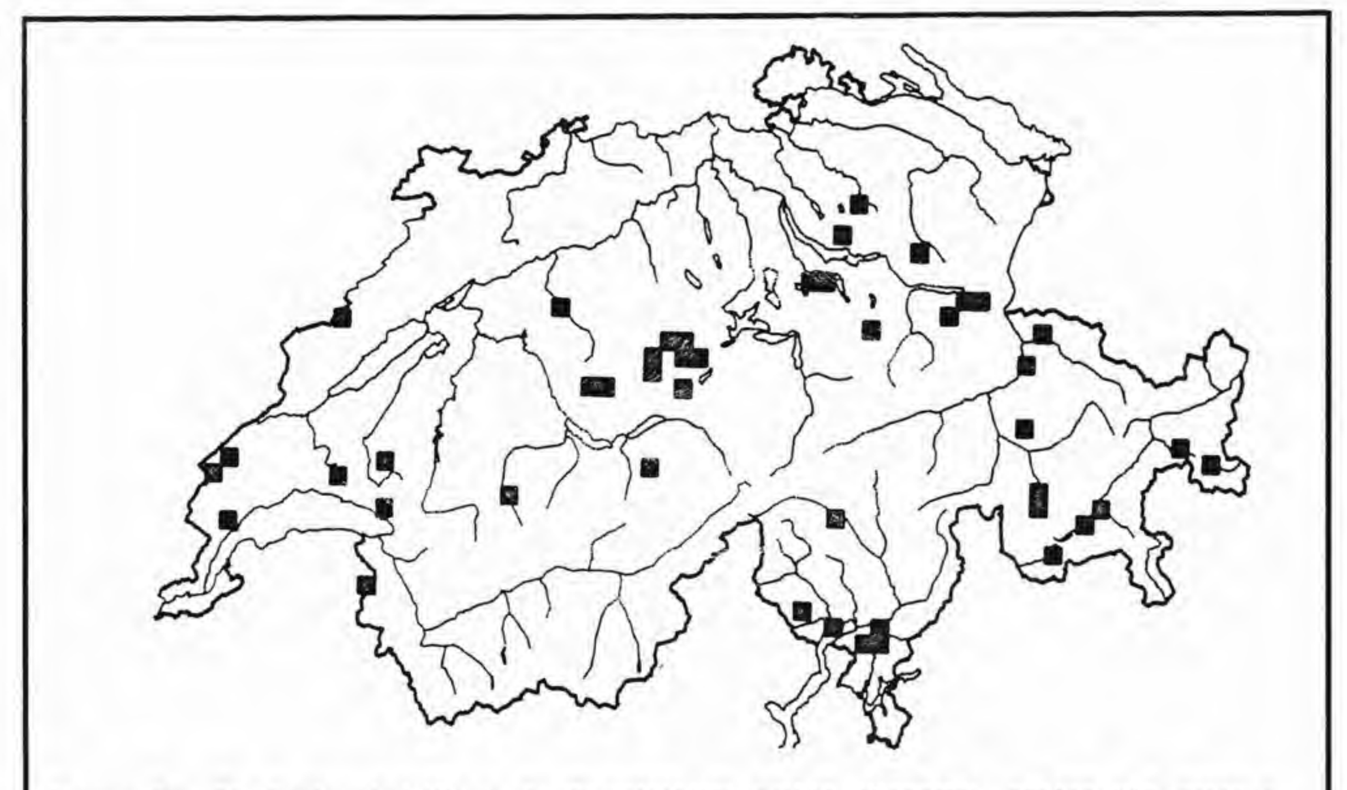


Figure 5 : Distribution helvétique de *Somatochlora arctica* (Odonate), espèce liée presque exclusivement à un seul type d'habitat, la tourbière.

A l'inverse, l'analyse de la distribution d'espèces mono- ou oligophages peut révéler des erreurs ou des lacunes concernant leur spectre alimentaire. Un exemple frappant est donné par la comparaison de la distribution de Scolitantides orion avec celle de Sedum telephium (= Sedum purpureum, Purpur-Fetthenne), considéré comme son unique plante-hôte dans une publication récente (WEIDEMANN, 1986). Un rapide examen de la figure 6 démontre aisément qu'en Suisse en tout cas, S. telephium n'est pas la plante-hôte de S. orion (il exploite S. maximum).

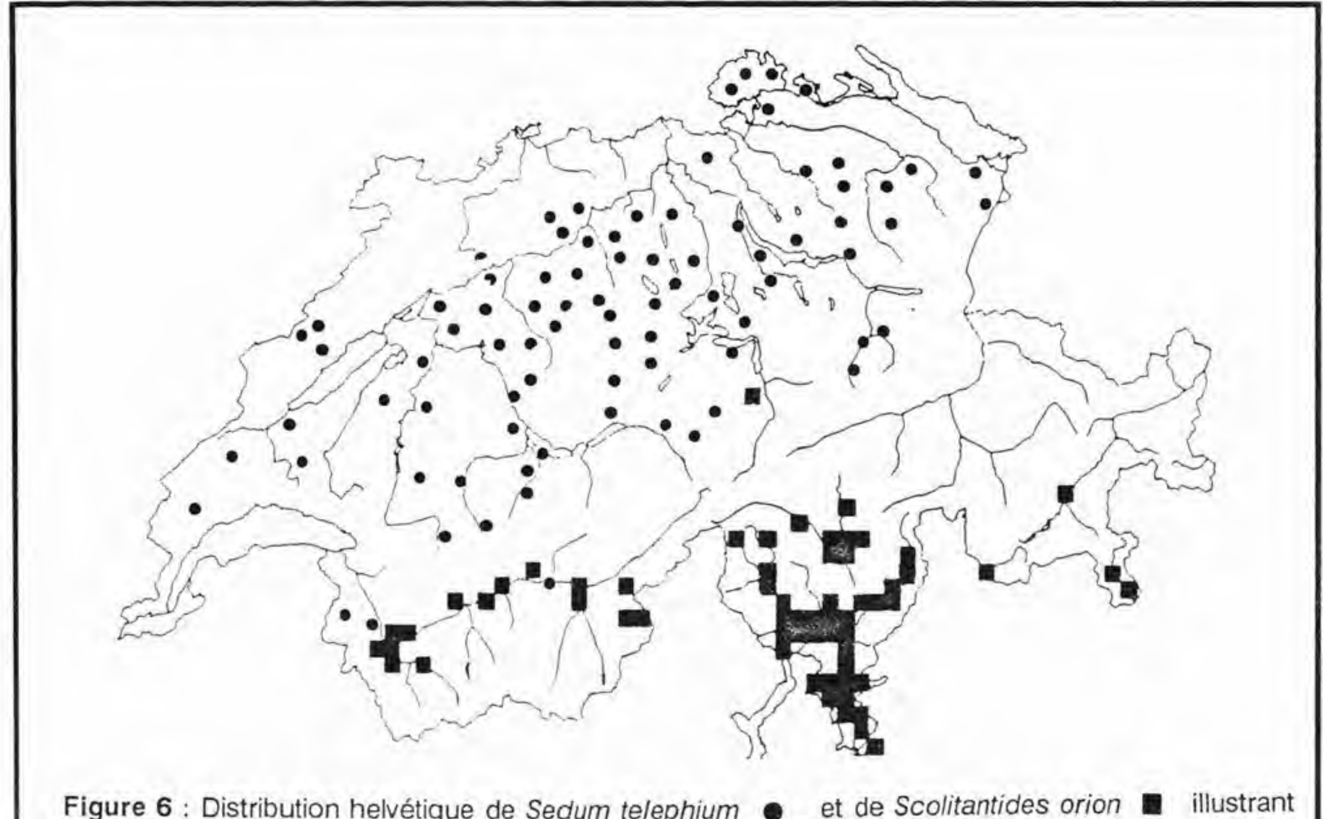


Figure 6 : Distribution helvétique de *Sedum telephium* ● et de *Scolitantides orion* ■ illustrant certaines lacunes ou erreurs dans le spectre de plantes-hôtes d'une espèce.

II. APPORT A LA BIOEVALUATION.

La protection de la nature nécessite des méthodes rigoureuses de bioévaluation des sites et des ensembles faunistiques. La bioévaluation se base soit sur la présence d'espèces menacées (classées selon divers critères de Listes Rouges), soit sur la richesse spécifique (diversité des espèces).

La cartographie constitue un mode de représentation de la bioévaluation dont l'avantage principal est la mise en évidence des concentrations et des réseaux de sites d'intérêt majeur. La difficulté de cette approche réside dans le choix de la carte la plus représentative et dans l'appréciation de sa signification.

A) STATUT DES LIBELLULES ET DES PAPILLONS DE SUISSE.

Les deux récents atlas helvétiques concernant les Rhopalocères et les Odonates ont permis de mesurer précisément la menace qui pèse sur ces insectes (tableau 1). Au total, 42% des espèces des deux taxa réunis figurent dans les catégories "menacées d'extinction", "très menacées" et "menacées ou rares" et 6% des espèces d'Odonates ont déjà disparu de Suisse.

Statut des espèces	Libellules n. esp. (%)	Papillons n. esp. (%)	Lib. + Pap. n. esp. (%)
Eteintes	5 (6%)	0 --	5 (2 %)
Menacées d'extinction	18 (22 %)	19 (9 %)	37 (13 %)
Très menacées	9 (11 %)	43 (21 %)	52 (18 %)
Menacées ou rares	17 (21 %)	14 (7 %)	31 (11 %)
Non menacées	25 (31 %)	119 (58 %)	144 (50 %)
Migratrices ou occasionnelles	7 (9 %)	11 (5 %)	18 (6 %)
Total	81	206	287

Tableau 1 : Statut des Libellules et des Papillons (Rhopalocères) de Suisse, d'après les travaux de MAIBACH et MEIER (1987) et GONSETH (1987).

La répartition des espèces au sein des classes de menaces est due à l'appréciation des auteurs qui avaient à disposition plus de 25 000 occurrences pour les Odonates et plus de 60 000 pour les Rhopalocères ainsi qu'un indice de fréquence

(VAL2), basé sur les données postérieures à 1969, et calculé selon la formule : VAL2 = 1/N où N = Nb. de carrés de 25 Km^2 avec espèce A / Nb. de carrés de 25 Km^2 prospectés.

Le rangement des espèces d'après cet indice (VAL2 = 593, pour l'espèce la plus rare et 1,8 pour la plus fréquente dans le cas des Odonates) s'est révélé pratiquement identique à celui proposé par les spécialistes suisses des 2 groupes ; ceci malgré son caractère sommaire et l'amalgame qu'il opère entre les diverses notions de rareté. La somme des VAL2 des espèces présentes pour une certaine surface de territoire fournit de surcroît un indice de valeur chiffré.

B) ANALYSE DES CARTES.

L'effort de capture, illustré par la densité des occurrences par carré dès 1970, (fig. 7), servira de référence pour la comparaison des cartes d'Odonates.

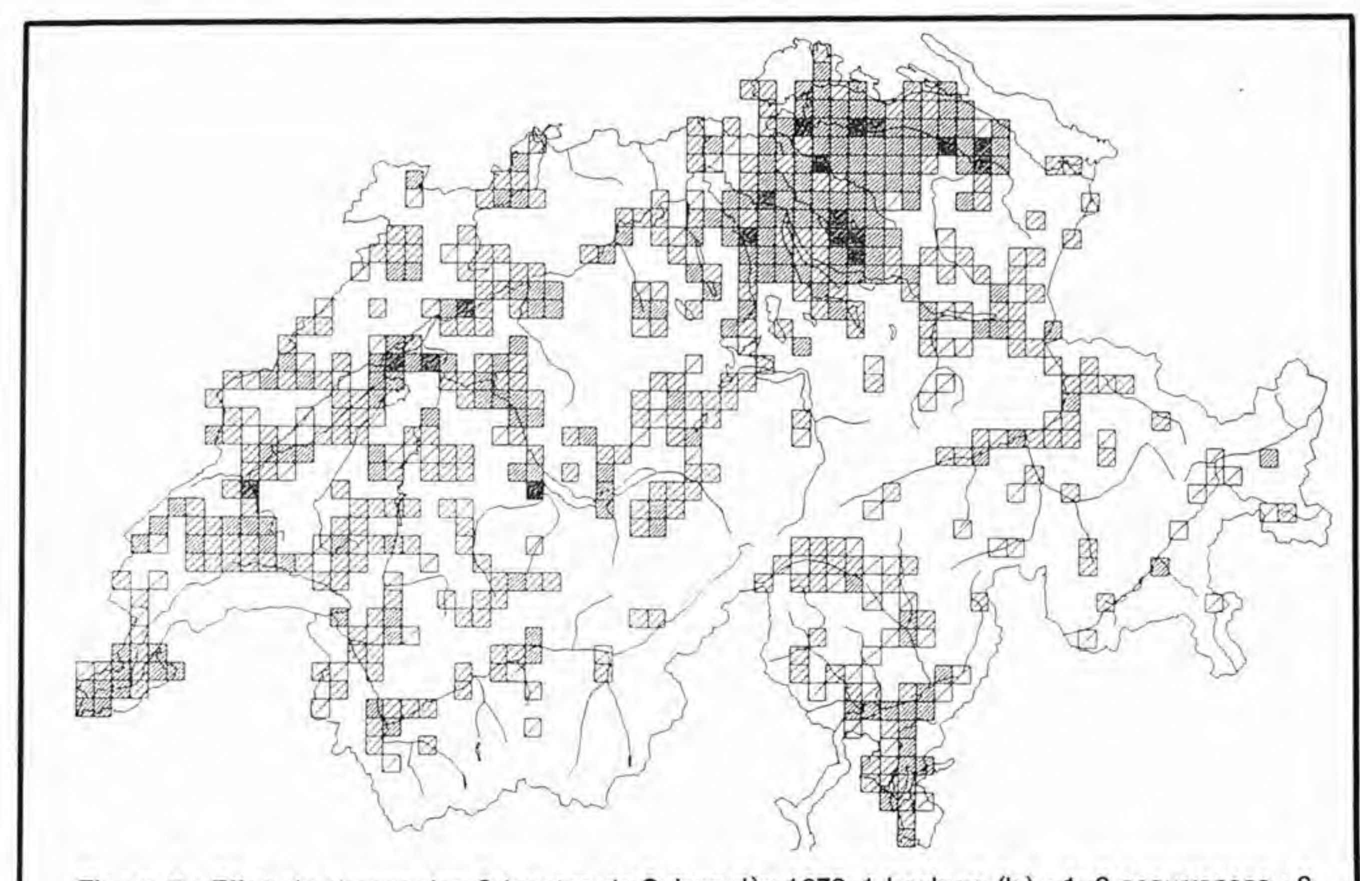


Figure 7 : Effort de chasse des Odonates de Suisse dès 1970. 1 hachure (h.) : 1–2 occurrences ; 3 h. : 3–20 occurrences ; 7 h. : 21–200 occurrences ; 15 h. : > 200 occurrences.

a) Le statut de réserve intégrale sera proposé pour les sites (fig. 8) abritant des espèces menacées d'extinction ("endangered" selon l'UICN). Cette carte met en particulier en évidence la valeur de certains cours d'eau de Suisse alémanique (Reuss, Thur et Rhin), les tourbières du plateau zurichois, des étangs du plateau en Suisse romande et un certain nombre de milieux humides du sud du Tessin. La carte des sites

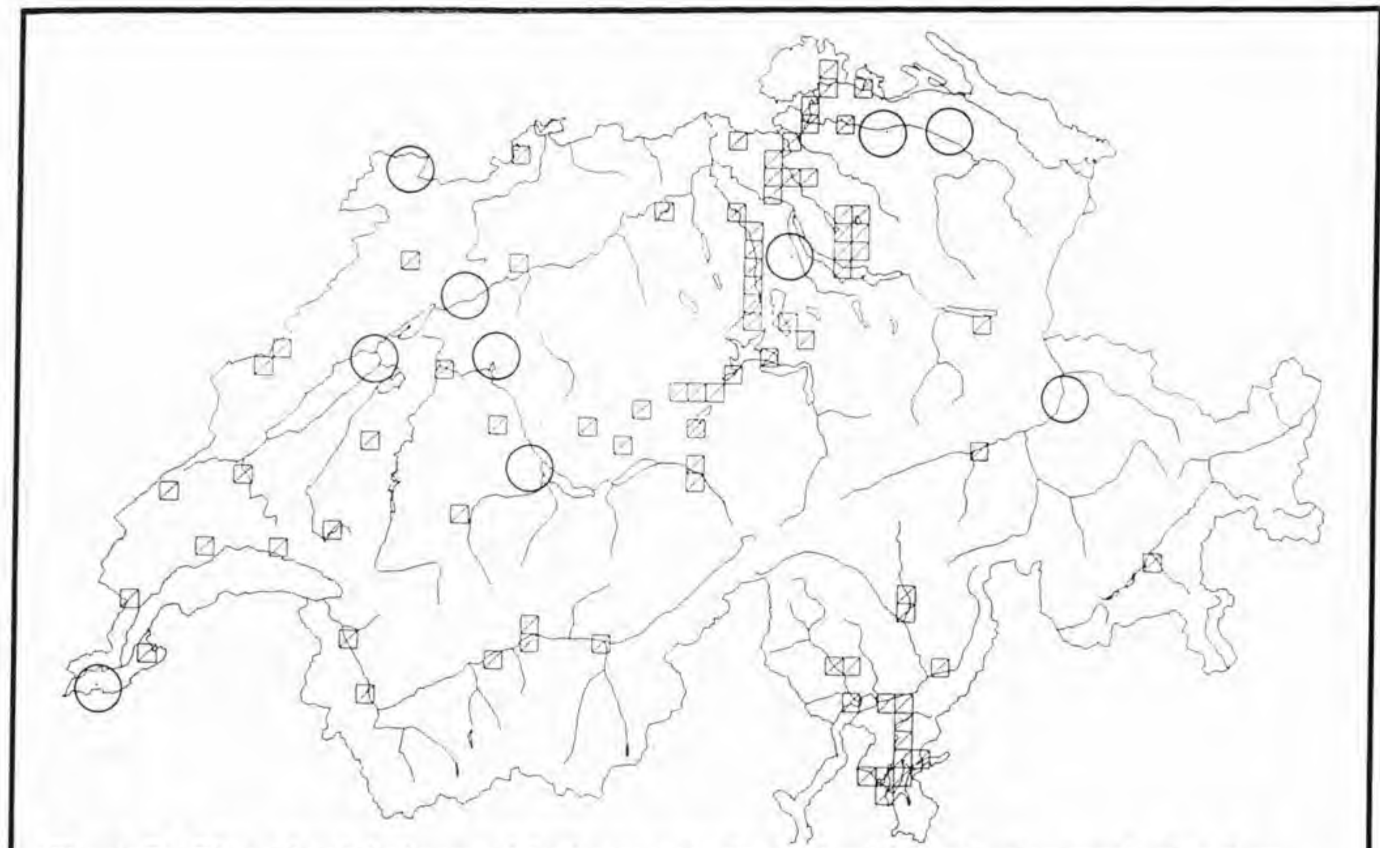


Figure 8 : Sites odonatologiques méritant une protection intégrale pour la sauvegarde d'espèces menacées d'extinction (1 hachure : 1–2 espèces). Les cercles indiquent certains sites complémentaires apparaissant dans la figure 9.

retenus pour un indice VAL2 > 100 contient un nombre analogue de carrés (fig. 9). Si dans l'ensemble la distribution est très semblable, un certain nombre de discordances méritent attention. La carte basée sur VAL2 fait apparaître des sites dont la valeur ne repose sur aucune espèce menacée d'extinction, mais sur le cumul d'un grand nombre d'espèces appartenant aux catégories moins sévèrement menacées. A l'inverse, elle n'indique plus les carrés où une seule espèce de la catégorie "menacée d'extinction" à VAL2 < 100 a été trouvée.

Ces deux cartes représentant la menace maximale sont donc complémentaires et le statut de réserve intégrale sera appliqué aux carrés complémentaires mis en évidence par VAL2.

b) La carte des espèces très menacées ("vulnérable" selon l'UICN) met en évidence les sites d'intérêt prioritaire (fig. 10), et celle des espèces menacées ("rare" selon l'UICN) les sites de haute valeur (fig. 11).

Le graphisme de la carte laisse supposer dans ce dernier cas qu'une fraction non négligeable du territoire mérite cette attention. En réalité, dans la plupart des cas, seuls quelques hectares au plus sont en question.

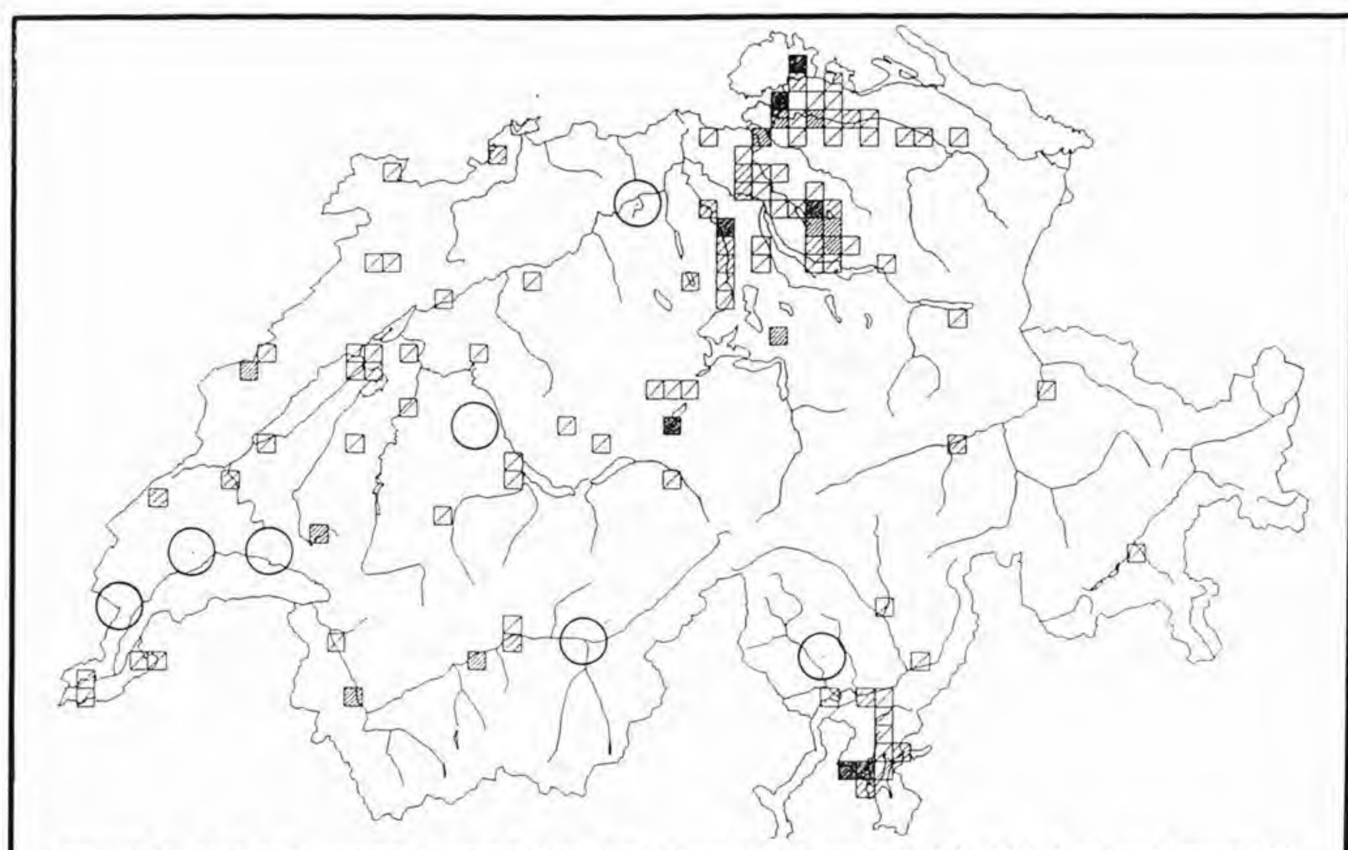


Figure 9 : Site dont l'indice de valeur (VAL2) dépasse 100. 1 hachure (h.) : VAL 2 compris entre 100 et 200 ; 3 h. : VAL 2 compris entre 201 et 300 ; 7 h. : VAL2 compris entre 301 et 400 ; 15 h. : VAL2 >400. Les cercles indiquent certains sites complémentaires apparaissant à la figure 8.

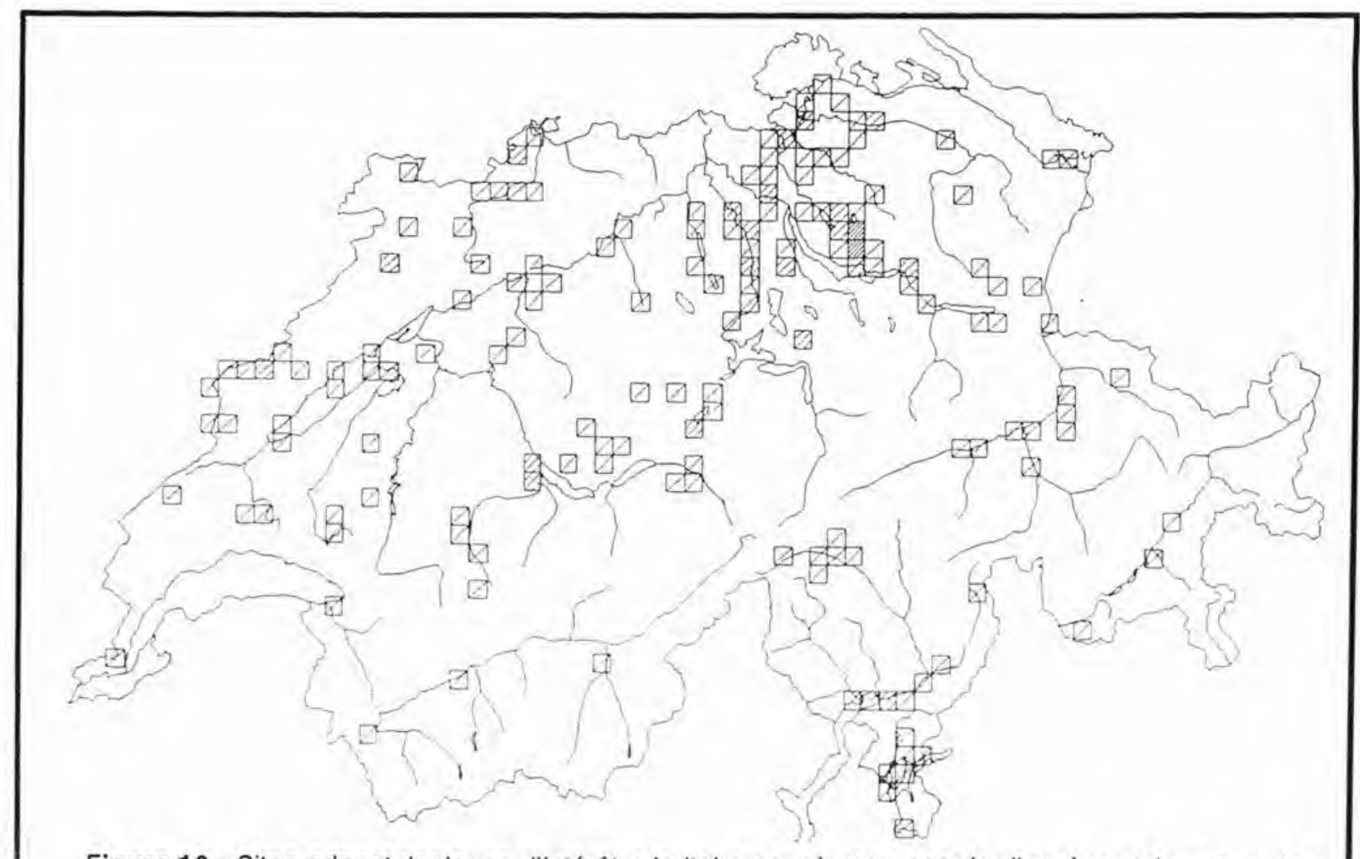


Figure 10 : Sites odonatologiques d'intérêt prioritaire pour la sauvegarde d'espèces très menacées (1 hachure (h.) : 1–2 espèces ; 3 h. : 3–4 espèces ; 7 h. : 5–6 espèces ; 15 h. : 6 espèces).

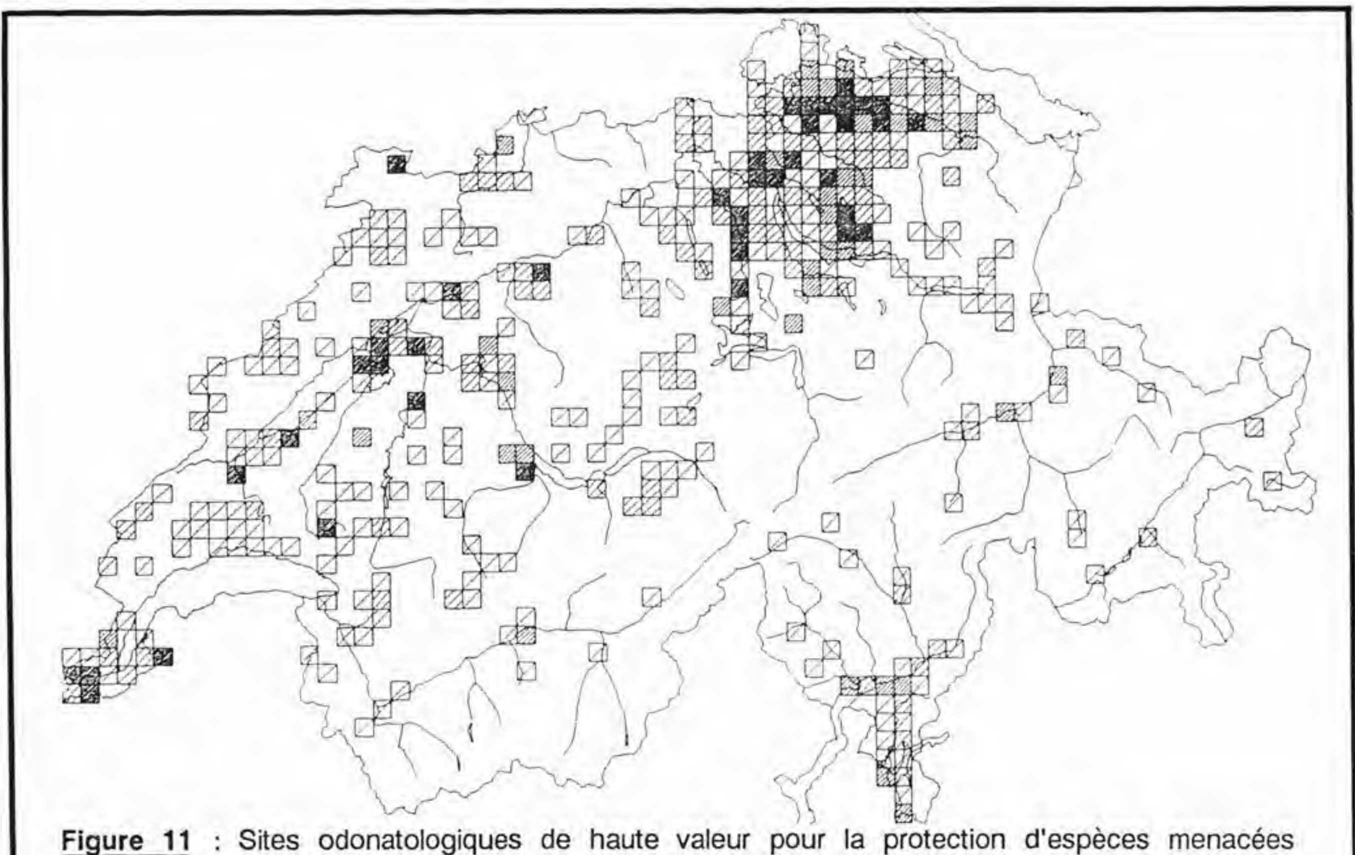


Figure 11 : Sites odonatologiques de haute valeur pour la protection d'espèces menacées (symboles, voir figure 10).

D'autre part, les concentrations d'espèces rares (les carrés sont d'autant plus noirs que celles-ci sont nombreuses) coïncident largement avec la diffusion des espèces les plus menacées. Ceci montre la corrélation existant entre ces catégories qui se manifeste plus clairement encore dans les cas ultérieurs.

c) L'interprétation cartographique peut également cumuler l'information de plusieurs taxa. Ainsi, la figure 12 illustre la densité des occurrences dès 1970 pour les Odonates et les Rhopalocères réunis, soit l'effort de prospection durant cette période.

De même que pour les Odonates considérés isolément (fig. 8), il est possible d'illustrer l'ensemble des sites renfermant des espèces menacées d'extinction (fig. 13) pour les Odonates et les Rhopalocères réunis. La comparaison avec la densité des occurrences (fig. 12) prouve que si dans certains cas la présence d'espèces menacées d'extinction coïncide avec les zones les mieux étudiées - ces zones fonctionnent souvent comme des aimants pour les entomologistes - il est vrai aussi que certaines régions fortement prospectées n'abritent pas (ou plus) d'espèces menacées d'extinction (Jura neuchâtelois, région de Grindelwald) ou, au contraire, que des secteurs sous-étudiés (vallée de la Reuss) apparaissent comme primordiaux.

Une représentation particulièrement féconde est fournie par le cumul de tous les degrés de menace (menacé d'extinction à menacé) pour les Odonates et Rhopalocères réunis (fig. 14). Les espèces concernées mettent en évidence, dans l'état

actuel des connaissances, cinq complexes faunistiques prioritaires, particulièrement menacés et tous situés en plaine (les Alpes sont à cette échelle relativement hors de danger) : le bassin genevois (A), une région s'étendant du Mont Vully par la rive nord du lac de Bienne jusqu'à l'Ajoie (B), un vaste ensemble compris entre la vallée de la Reuss et le Rhin et incluant la région des marais tourbeux du canton de Zurich (C), le Valais central de Martigny à Brigue (D) et les vallées tessinoises, de Loderio à Chiasso (E).

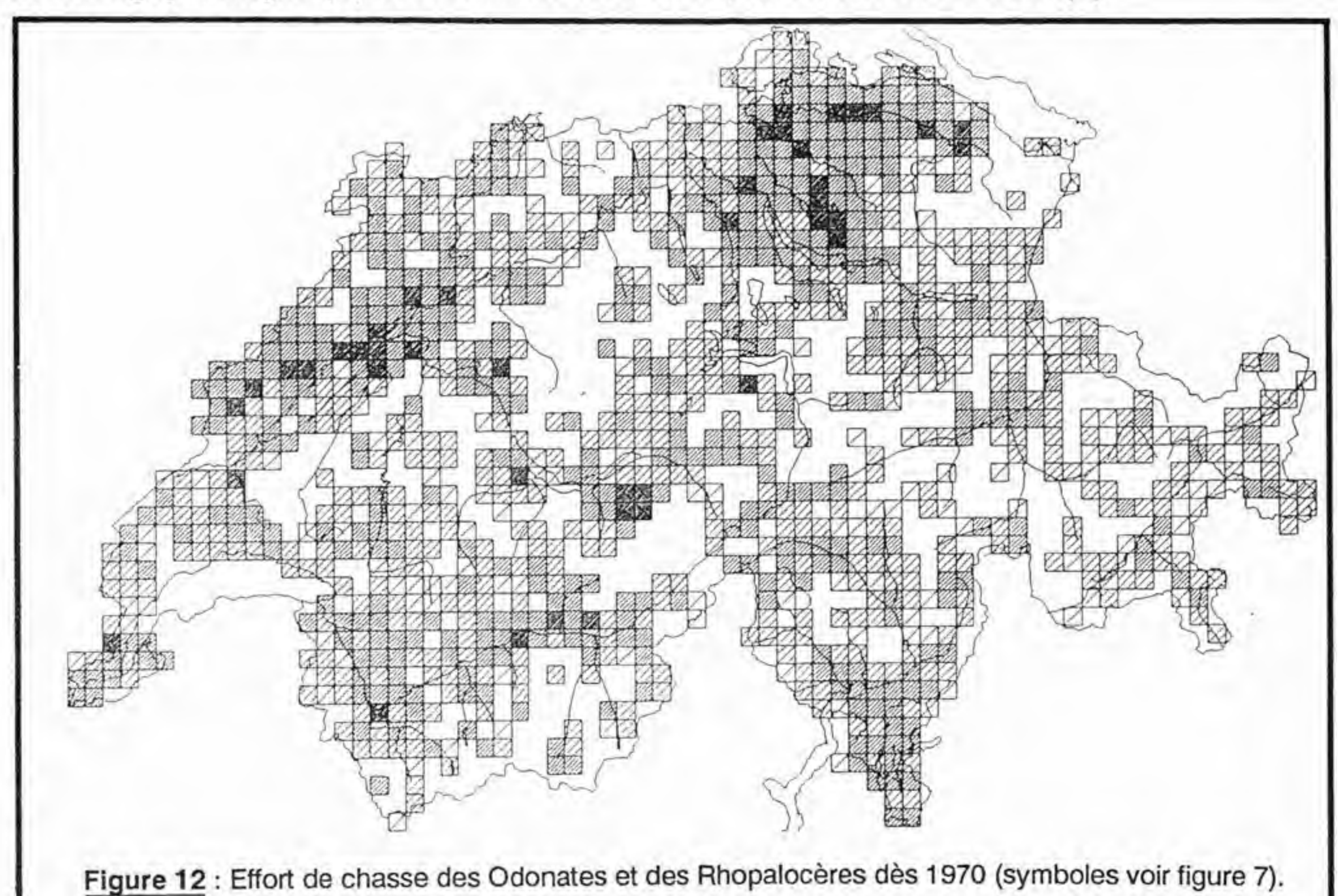


Figure 12 : Effort de chasse des Odonates et des Rhopalocères dès 1970 (symboles voir figure 7).

Figure 13 : Sites méritant une protection intégrale pour la sauvegarde d'espèces d'Odonates ou de Rhopalocères menacées d'extinction (symboles voir figure 10).

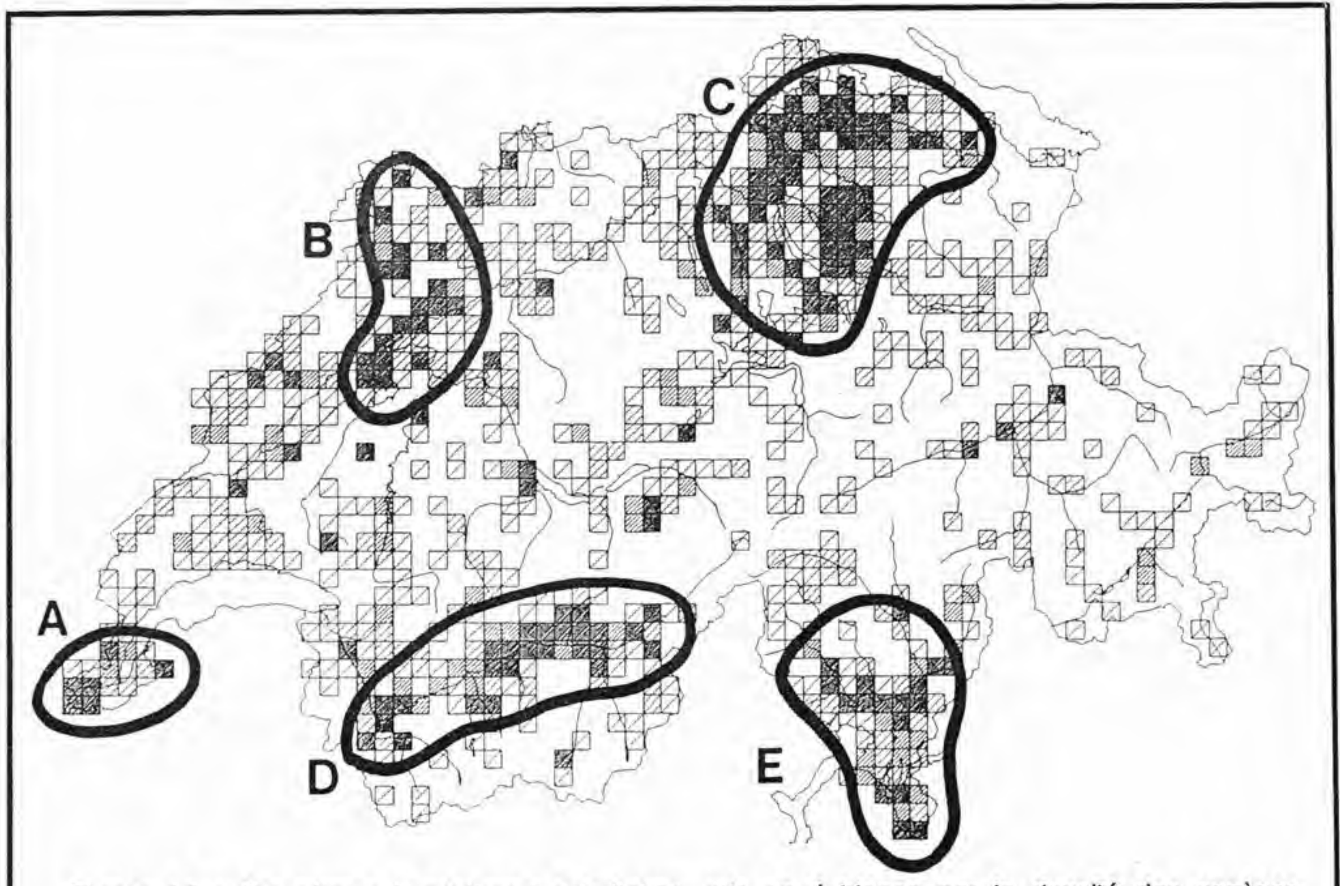


Figure 14 : Complexes faunistiques prioritaires, mis en évidence par la densité des espèces menacées (tous degrés confondus) d'Odonates et de Rhopalocères (symboles voir figure 10 ; lettres voir texte).

S'il est peu réaliste de vouloir mettre l'intégralité de tels ensembles sous protection, ils doivent néanmoins faire l'objet d'attentions particulières. Par la densité des sites qu'ils recouvrent, ils peuvent garantir les échanges nécessaires entre biotopes de valeur, et éviter les effets d'insularité que manifestent des sites intéressants mais trop isolés. Simultanément, ils forment des entités relativement bien connues et susceptibles d'être surveillées quant à leur évolution faunistique (monitoring) plus avantageusement que des régions moins riches et moins bien suivies.

La simple carte de la diversité faunistique (fig. 15) donnée à titre de comparaison, quoiqu'également intéressante, semble moins révélatrice. Elle omet des régions importantes dont le bassin genevois ou la vallée de la Reuss. Au contraire, elle fait ressortir les montagnes neuchâteloises (intensément prospectées) qui ne semblent plus receler une forte proportion d'espèces menacées.

En conclusion, il faut retenir la complémentarité des modes de représentation. Mais si des choix s'imposent, on tiendra compte prioritairement de la carte des sites recelant les espèces menacées d'extinction et de celle montrant la densité des espèces menacées, tous degrés confondus.

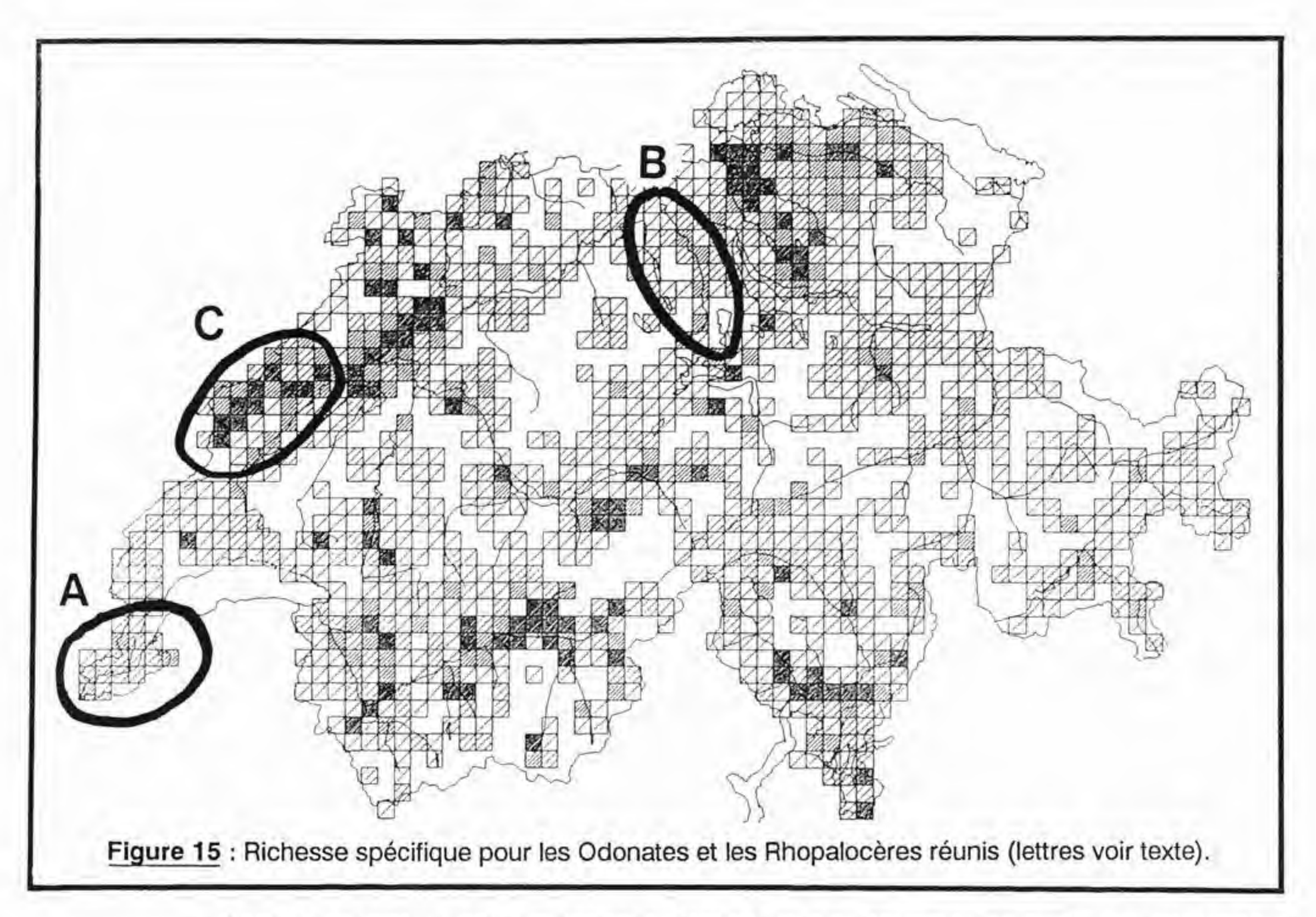


Figure 15 : Richesse spécifique pour les Odonates et les Rhopalocères réunis (lettres voir texte).

Secondement, il est hautement profitable de pouvoir cumuler les groupes systématiques. La superposition des Odonates et des Rhopalocères donne déjà une vue d'ensemble des régions faunistiques menacées de Suisse et nécessitant des soins prioritaires mais il est évident que l'addition de taxa supplémentaires est indispensable pour affiner cette direction de recherche.

BIBLIOGRAPHIE.

DUFOUR (C.), 1986. - Les Tipulidae de Suisse (Diptera nematocera). *Doc. faun. helv.*, 2 : 338 p.

GEIGER (W.), 1986. - Diptera Limoniidae 1 : Limoniinae. *Insecta helvetica*, Fauna 131 p., Catalogus : 160 p.

GONSETH (Y.), 1987. - Atlas de distribution des Papillons diurnes de Suisse (Lepidoptera Rhopalocera) avec liste rouge. *Doc. faun. helv.*, 5 : 242 p.

MAIBACH (A.) & MEIER (C.), 1987. - Atlas de distribution des Libellules de Suisse (Odonata) avec liste rouge. *Doc. faun. helv.*, 3 : 230 p.

WEIDEMANN (H.J.), 1986. - *Tagfalter. Band 1. Entwicklung - Lebensweise.* Naturführer. Neumann-Neudamm, 288 p.

CARTOGRAPHIE ET QUALITES BIOINDICATRICES DES ORTHOPTERES.

Alain GUEGUEN

Université de Rennes
Muséum National d'Histoire Naturelle
Laboratoire d'Evolution des Systèmes Naturels et Modifiés
UA 696 du CNRS
Avenue du Général Leclerc
35042 Rennes Cedex
FRANCE

Les milieux naturels évoluent, parfois de façon brutale mais le plus souvent lentement, sous l'effet de divers aménagements (drainages des zones humides, constructions, pistes de ski...), de nouvelles pratiques agricoles, de la fréquentation touristique (piétinement), du surpâturage...

Mais les milieux évoluent aussi sous l'effet de leur abandon : embroussaillement des anciennes prairies de fauche de basses et moyennes altitudes, fermeture du milieu après l'arrêt du pâturage avec passage de la pelouse à une lande à rhododendron et genévrier.

La prise en compte du facteur évolution est un élément important dans la gestion des milieux. C'est pourquoi les gestionnaires et les décideurs sont à la recherche d'indicateurs de qualité de milieu, standardisés, du type de ceux mis au point sur le milieu aquatique, et utilisés dans la méthode des indices biotiques.

Les résultats sont quelque peu décevants puisque selon BLANDIN (1986), il n'y a guère d'indicateurs écologiques débouchant sur une possibilité de mise en pratique régulière en milieu terrestre hormis l'utilisation des végétaux. Citons pour les Macroarthropodes la méthode suivie par FLOGAITIS & BLANDIN (1985) pour mesurer l'effet du piétinement en fôret et pour les Insectes celle utilisée par TOROSSIAN (1977) puis par TOROSSIAN & ROQUES (1984), pour mesurer l'état de dégradation d'un milieu forestier par l'analyse de la qualité des dômes de fourmis rousses, ainsi que les tests menés sur les Carabes par CACHAN (1982) et GEORGES (1983).

L'objectif des recherches présentées ici, est de montrer aux gestionnaires des milieux naturels, qu'un inventaire qualitatif et quantitatif des peuplements d'Orthoptères du secteur dont ils ont la gestion (inventaire bien évidemment non exhaustif compte tenu de la difficulté de sa réalisation) peut fournir des indications sur les tendances évolutives du milieu en fonction de son utilisation intensive ou au contraire de son abandon.

Le choix des Orthoptères est justifié par le fait que ce groupe d'Insectes présente, pour une bonne partie des espèces françaises, une systématique qu'un technicien biologiste peut rapidement assimiler.

De nombreux travaux sur l'écologie des Orthoptères ont montré par ailleurs qu'ils réagissaient à certains facteurs microclimatiques tels que l'hygrométrie et la température DREUX (1962) et VOISIN (1979) ; aux variations de ces facteurs le long de gradients altitudinaux LUQUET & Du MERLE (1978) ; à la composition et à la structure de la végétation GUEGUEN (1976).

Nous nous proposons de montrer, à partir de quelques exemples pris à l'échelle d'une région, d'un massif et d'une vallée, que l'inventaire des peuplements orthoptérologiques peut apporter des résultats utilisables dans les procédures de bioévaluation.

I . EXEMPLE DE L'INVENTAIRE DES ORTHOPTERES DE BRETAGNE.

A) METHODOLOGIE.

Nous avons utilisé la base cartographique de l'I.G.N. à l'échelle du 1/25.000^{éme}. Chaque unité de base prise en compte correspond à un rectangle de 200 mgr de longitude (14 km environ) et 100 mgr en latitude (10 km environ). Dans cette unité de base on prospecte, lorsqu'ils sont présents, au moins quatre types de milieux:

- une lande (xérophile, mésophile et hygrophile)
- une zone humide (bordure d'étang, tourbière, fond de baie en zone littorale...)
- une clairière de forêt
- un milieu dunaire en zone littorale.

Ces milieux sont représentatifs des principaux types de zones d'inculture rencontrées en Bretagne.

Les prospections sont réalisées pour la plupart d'entre elles de façon qualitative, à vue et au chant. Certains recensements quantitatifs (figurés par un rectangle sur les cartes de répartition) sont effectués à l'aide d'un cadre à Orthoptères dont les modalités d'utilisation ont été définies par ailleurs, GUEGUEN (1976). A l'exception de quelques espèces nécessitant une observation plus fine, les individus capturés sont déterminés sur le terrain.

En utilisant le maillage de 400 mgr x 200 mgr de la carte au 1/50.000^{éme} la prospection assure la couverture complète de l'ensemble de quatre départements bretons.

Parallèlement à cet inventaire cartographique des Orthoptères nous avons analysé six paramètres climatiques dans les stations prospectées:

- la température moyenne annuelle
- la pluviométrie moyenne annuelle
- le nombre de jours de pluie par an
- l'écart thermique
- l'indice de De Martonne
- le quotient pluviométrique d'Emberger.

Les valeurs de ces paramètres sont extrapolées pour nos stations à partir des cartes climatiques établies pour la Bretagne par FLEURY (1978) sur une période de 20 ans, d'après les données de la Météorologie Nationale.

Pour chacun de ces paramètres et par intervalles de classe nous avons calculé la fréquence relative de chaque espèce afin de mettre en parallèle les caractéristiques du climat et la répartition des Orthoptères.

B) RESULTATS.

Sur la quarantaine d'espèces que comprend la faune orthoptérologique bretonne nous ne donnons ici que quelques exemples de répartition choisis parmi les plus significatifs.

On y distingue:

1) les espèces apparaissant comme indifférentes à la variété des situations climatiques qu'offre la Bretagne. Certaines comptent parmi les plus fréquemment observées : Chorthippus parallelus et Conocephalus fuscus (carte n°1 fig.I). D'autres comme Mecostethus grossus ou Myrmeleotettix maculatus semblent plutôt sensibles aux conditions microclimatiques.

2) Les espèces rencontrées dans les zones les plus froides et les plus arrosées de la Bretagne et pour lesquelles on observe une forte corrélation entre, d'une part leur fréquence relative et d'autre part, l'importance des précipitations et la faiblesse des températures régnant dans les stations où elles sont présentes : Omocestus viridulus (carte n°2 fig.I) et Metrioptera brachyptera (carte n°3 fig.I).

3) Les espèces rencontrées dans les zones les plus chaudes et les plus sèches de Bretagne, caractérisées par un indice d'aridité <35 : Clonopsis gallica, Oecanthus pellucens (carte n°4 fig.I), Calliptamus italicus (carte n°5 fig.I) et Platycleis affinis (carte n°6 fig.I).

4) Les espèces présentant une amplitude thermique plus large que les espèces précédentes mais dont la fréquence diminue lorsque la température moyenne annuelle s'abaisse. C'est le cas de Platycleis denticulata (carte n°7 fig.II) et de Oedipoda coerulescens (carte n°8 fig.II). Citons également bien qu'elles soient plus thermophiles, Mantis religiosa (carte n°9 fig.II), Platycleis tessellata (carte n°10 fig.II) et Stenobothrus stigmaticus. Toutes ces espèces disparaissent des stations où l'indice d'aridité est >40.

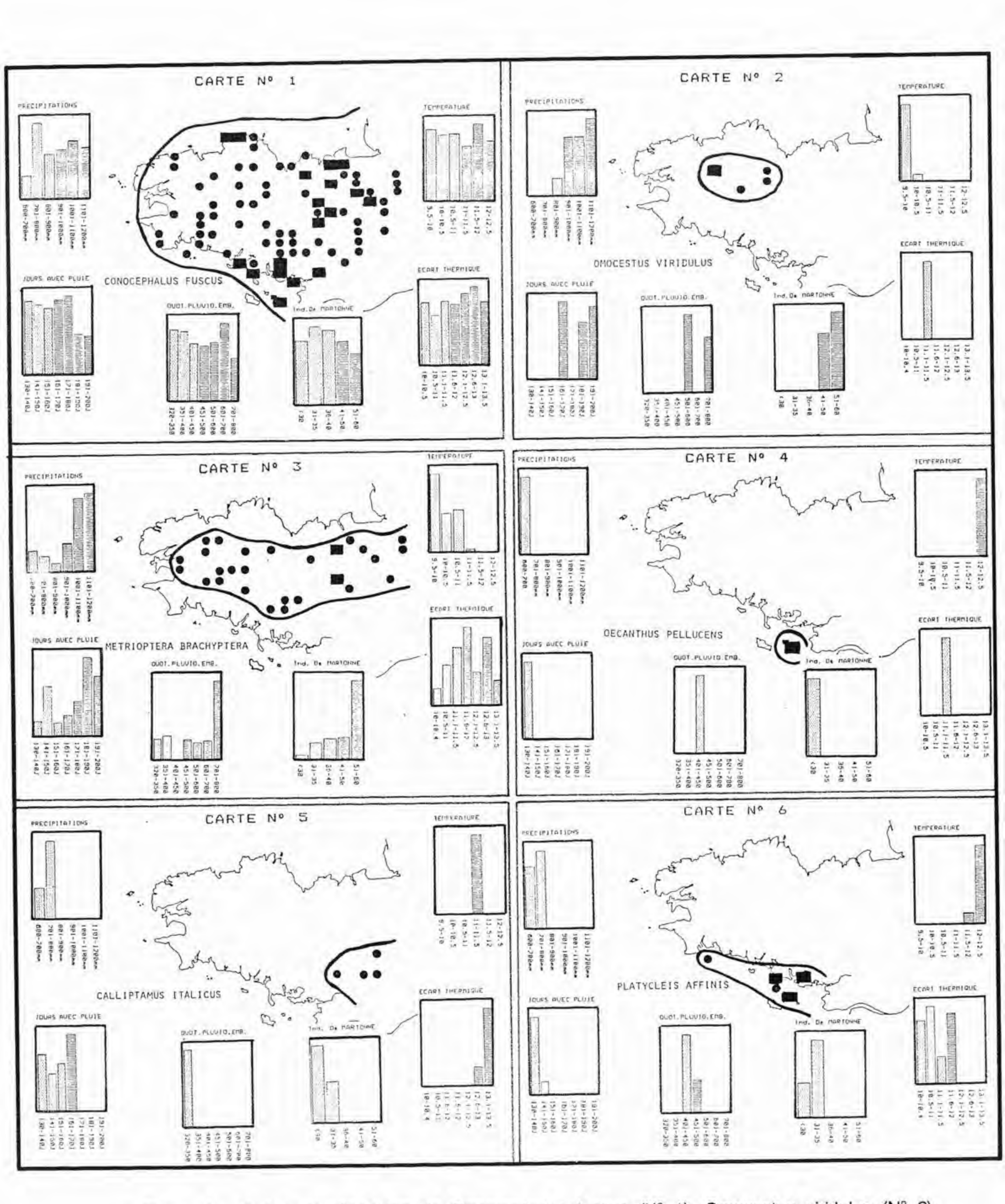


Figure I : Cartes de répartition de Conocephalus fuscus (N° 1), Omocestus viridulus (N° 2), Metrioptera brachyptera (N° 3), Oecanthus pellucens (N°4), Calliptamus italicus (N° 5), Platycleis affinis (N° 6). Les histogrammes correspondent à la fréquence des espèces en fonction des 6 facteurs ou paramètres climatiques pris en compte.

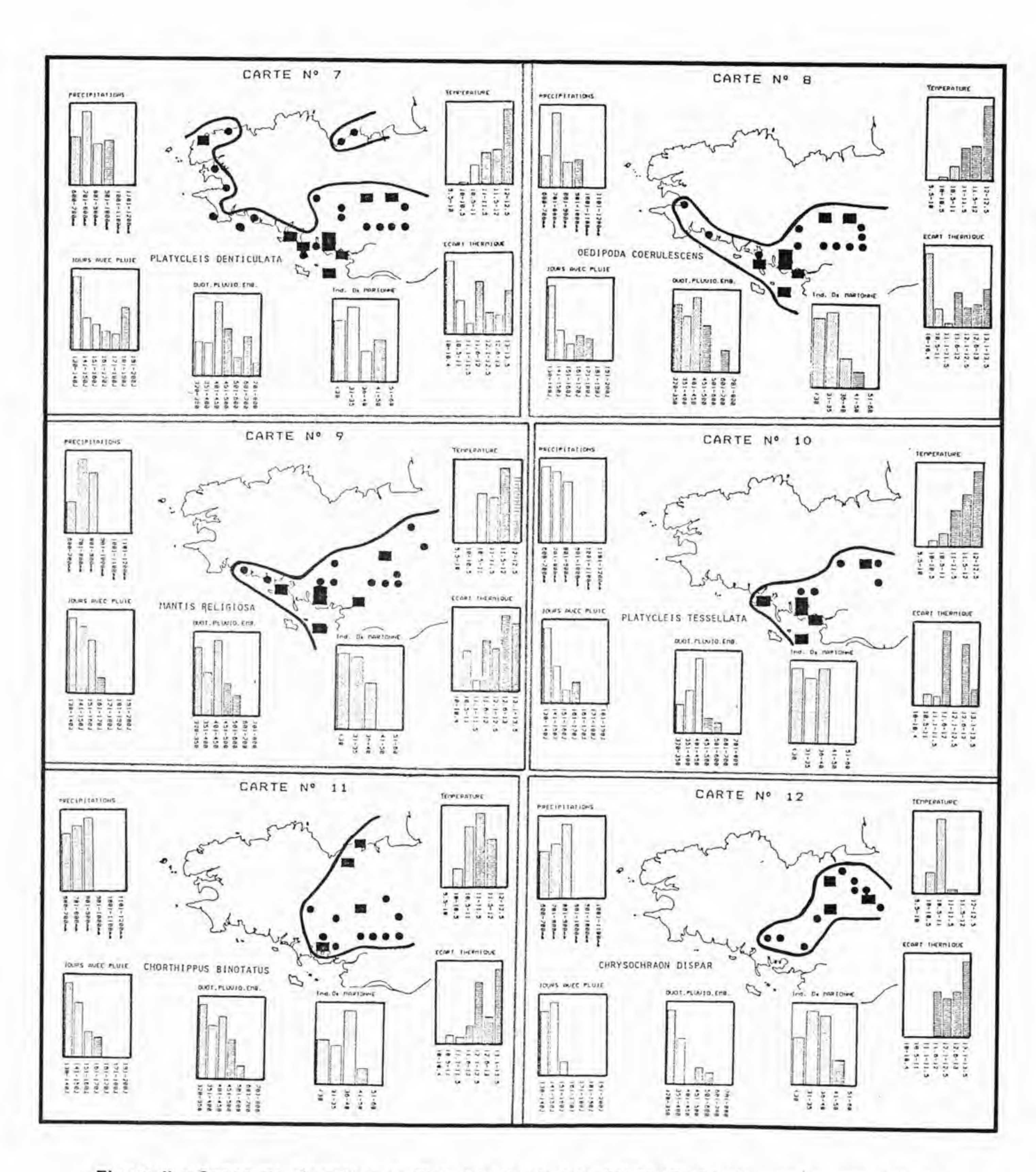


Figure II : Cartes de répartition de Platycleis denticulata (N° 7), Oedipoda coerulescens (N° 8), Mantis religiosa (N° 9), Platycleis tessellata (N° 10), Chorthippus binotatus (N° 11), Chrysochraon dispar (N° 12). Les histogrammes correspondent à la fréquence des espèces en fonction des 6 facteurs ou paramètres climatiques pris en compte.

5) Les espèces caractérisant les secteurs climatiques où les températures annuelles sont moyennes pour la Bretagne : Chorthippus binotatus (carte n°11 fig.II) et Chrysochraon dispar (carte n°12 fig.II). Notons pour cette dernière la forte corrélation entre sa fréquence relative et les faibles valeurs du quotient pluviométrique d'Emberger. Ce paramètre dépend pour beaucoup de la pluviosité, l'amplitude thermique étant en Bretagne toujours peu marquée. Ainsi des valeurs élevées traduisent une forte influence de l'atlanticité du climat. C. dispar limite donc sa répartition au secteur climatique le plus continental de la péninsule bretonne.

II . EXEMPLE DE L'INVENTAIRE DES ORTHOPTERES DU PARC NATIONAL DES ECRINS.

A) METHODOLOGIE.

Le support cartographique utilisé est ici encore celui de l'I.G.N. au 1/25.000^{ème}, mais l'unité de base prise en compte pour les sorties cartographiques correspond à une maille de 100 mgr x 100 mgr (712 m en longitude et 1000 m en latitude).

Nous avons figuré sur la carte n°1 fig.III l'ensemble des unités de base prospectées et le nom des sites correspondants.

Les prélèvements effectués dans chacune des unités de base sont quantitatifs et réalisés à l'aide d'une enceinte de 3 m^2 ou d'1 m^2 selon les difficultés rencontrées sur le terrain (pente, transport du matériel...).

Les individus capturés sont comptés et déterminés sur place. Les espèces difficiles à déterminer (Chorthippus du groupe C. biguttulus-mollis et Omocestus haemorrhoidalis-petraeus par exemple) sont ramenées au laboratoire.

Compte tenu de l'hétérogénéité des biotopes à l'intérieur d'une même unité de base, plusieurs zones peuvent être échantillonnées soit selon la méthode des transects soit par échantillonnage au hasard. Le nombre d'individus par unité de surface et par espèce étant exprimé pour l'ensemble de l'unité de base, c'est la densité la plus élevée qui est retenue, celle-ci est calculée en nombre d'individus par m^2.

Les biomasses sont estimées à partir de pesées d'échantillons d'une dizaine d'individus mâles et femelles par espèce, séchés à 65°.

La prospection se déroule pendant le mois d'août. C'est la période pendant laquelle les populations adultes sont à leur niveau maximal. Néanmoins la proportion d'individus à l'état larvaire, indéterminables pour beaucoup d'espèces, reste parfois importante dans les zones d'altitude où le déneigement est plus tardif. Leur densité est alors estimée globalement.

B) RESULTATS.

Un premier type de représentation cartographique nous permet de montrer la répartition des Orthoptères à l'échelle d'un massif en mettant en évidence les influences mésoclimatiques et biogéographiques sur les peuplements. La prise en compte du facteur densitaire nous révèle les biotopes les plus favorables à l'expansion démographique des espèces.

Sur les 46 espèces recensées dans le Parc National des Ecrins par DREUX & GUEGUEN (1982) citons quelques exemples de répartition:

- Gomphocerus sibiricus (carte n°2 fig.III). Espèce de haute montagne que l'on ne rencontre qu'au dessus de 1900m d'altitude. Dans les Ecrins sa distribution suit grossièrement les limites de la zone centrale du Parc.
- Melanoplus frigidus (carte n°3 fig.III). Espèce liée à la haute montagne également, mais rencontrée qu'à partir de 2300m au nord-est du Parc dans la zone la plus froide. C'est la limite méridionale de l'extension de cette espèce dans les Alpes du Sud.
- Chorthippus apricarius (carte n°4 fig.IV). Espèce de moyenne montagne (1400-1800m), elle se répartit selon une sorte d'anneau ceinturant le massif des Ecrins. C'est l'espèce la plus fréquente, très abondante dans les prairies de fauches abandonnées où elle peut atteindre des densités de 8 ind./m^2 GUEGUEN (1983).
- Stenobothrus lineatus (carte n°5 fig.IV). C'est l'espèce qui, avec C. apricarius et Stauroderus scalaris, apporte la plus forte contribution densitaire au peuplement orthoptérologique du Parc des Ecrins. Sa répartition est moins uniforme que celle de C. apricarius. Elle est en effet peut fréquente dans la zone nord et très abondante dans toutes les unités de base situées au sud du massif.
- Platycleis denticulata (carte n°6 fig.IV). Cette sauterelle remonte parfois en altitude (1500m) à la faveur de microclimats secs et chauds de versants bien exposés, mais sa répartition n'est vraiment continue que dans la zone périphérique du Parc.
- La carte de répartition des biomasses (carte n°7 fig.IV), met bien en évidence la différence entre les potentialités biotiques de la partie nord du massif et celles de la zone sud plus productive. Ainsi à l'exception de la station du Combeynot près du col du Lautaret, la biomasse atteint rarement

CARTE N° 1

Col du Lautaret
Le Combeynot
Venosc
Lac du Lauvitel
Col d'Arsine
Les Etançons
Saint Christophe en Oisans
Lac de la Muzelle
L'Alpe du Pin
Les Etages
Berarde
Lavey
Vallée de l'Eychauda
Pré de Mme Carle
Valsenestre
Descente du col de la Muzelle
Chalet du Carrelet
Les Combes
Chambran
Allefroide
Col de la Côte Belle
La Chapelle en Valjouffrey
N.D. de la Salette
La Blanche
Puy Aillaud
La Salette-Fallavaux
Lac du Lauzon
Chalet du Gioberney
Refuge des Bans
Le Villard
Cascade du Casset
La Chapelle en Valgaudemar
Tirière
Beassac
Vallouise
Narreyrou
Entre-les-Aigues
Le Roux
Le Clot
Prey Sabeyran
Cabane de la Lavine
La Pousterle
Le Fournel
L'Aup
Vallonpierre
Val d'Estrèche
Sommet Drouvet
Sentier du Tourond
Les Borels
Vallon de Chaffe
Orcières
Prapic
Les Cabanes de Couleau
Les Clots
Ancelle
Pente du Plateau de Bure
Col de Gleize
Sources de la Rouanne
Chateauroux
Col du Gaspardon
Lac de St-Apollinaire
Saint-Apollinaire

——	limite du Parc National
- - -	limite des secteurs
□	Unité de base dans laquelle est effectué le prélèvement 1 cgr x 1 cgr soit 1000 m en latitude et 712 m en longitude

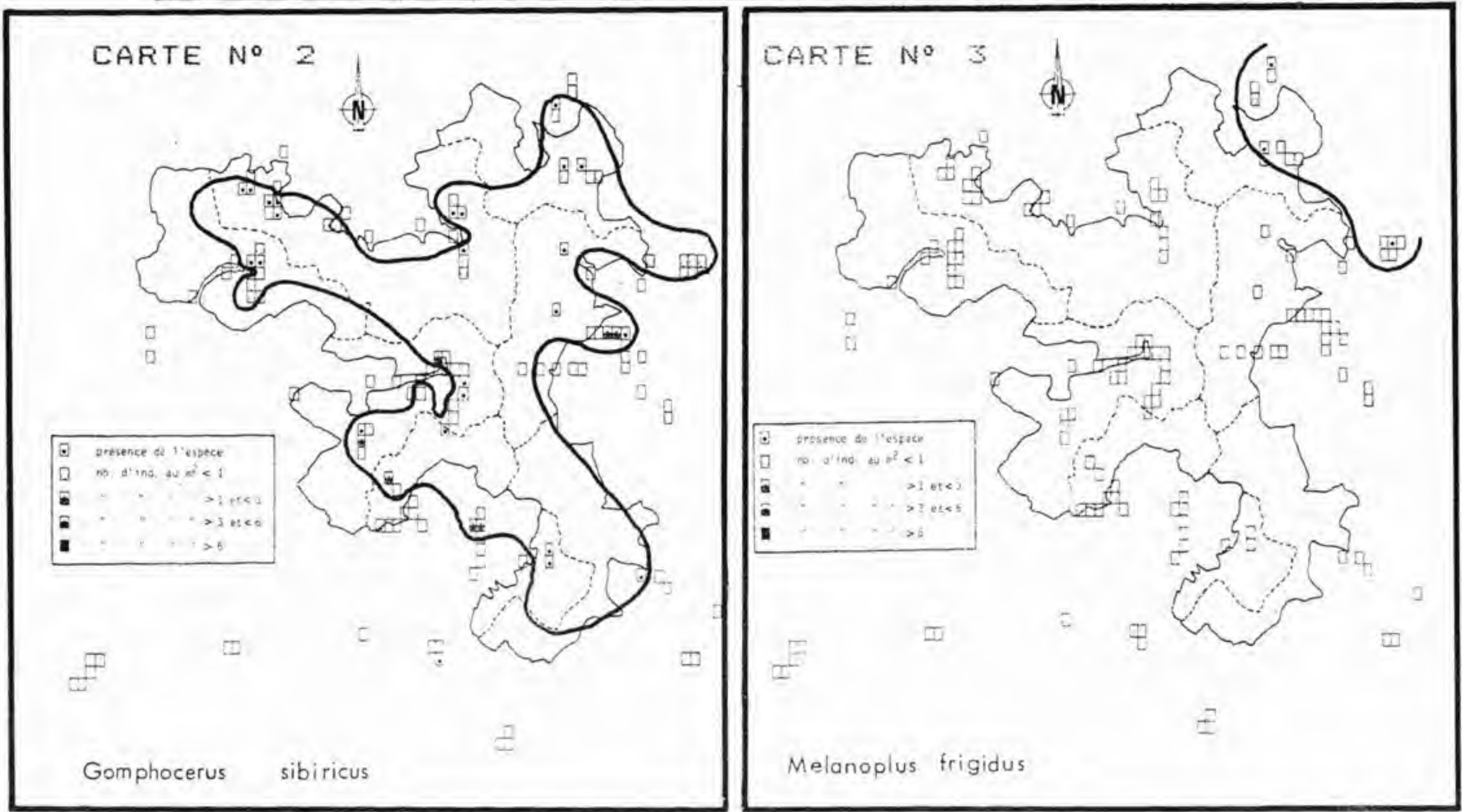


Figure III : Cartes de répartition de Gomphocerus sibiricus (N° 2) et de Melanoplus frigidus (N° 3) dans le Parc National des Ecrins. Résultats quantitatifs en nombre d'ind./m^2. La liste des stations prospectées figure sur la carte N° 1.

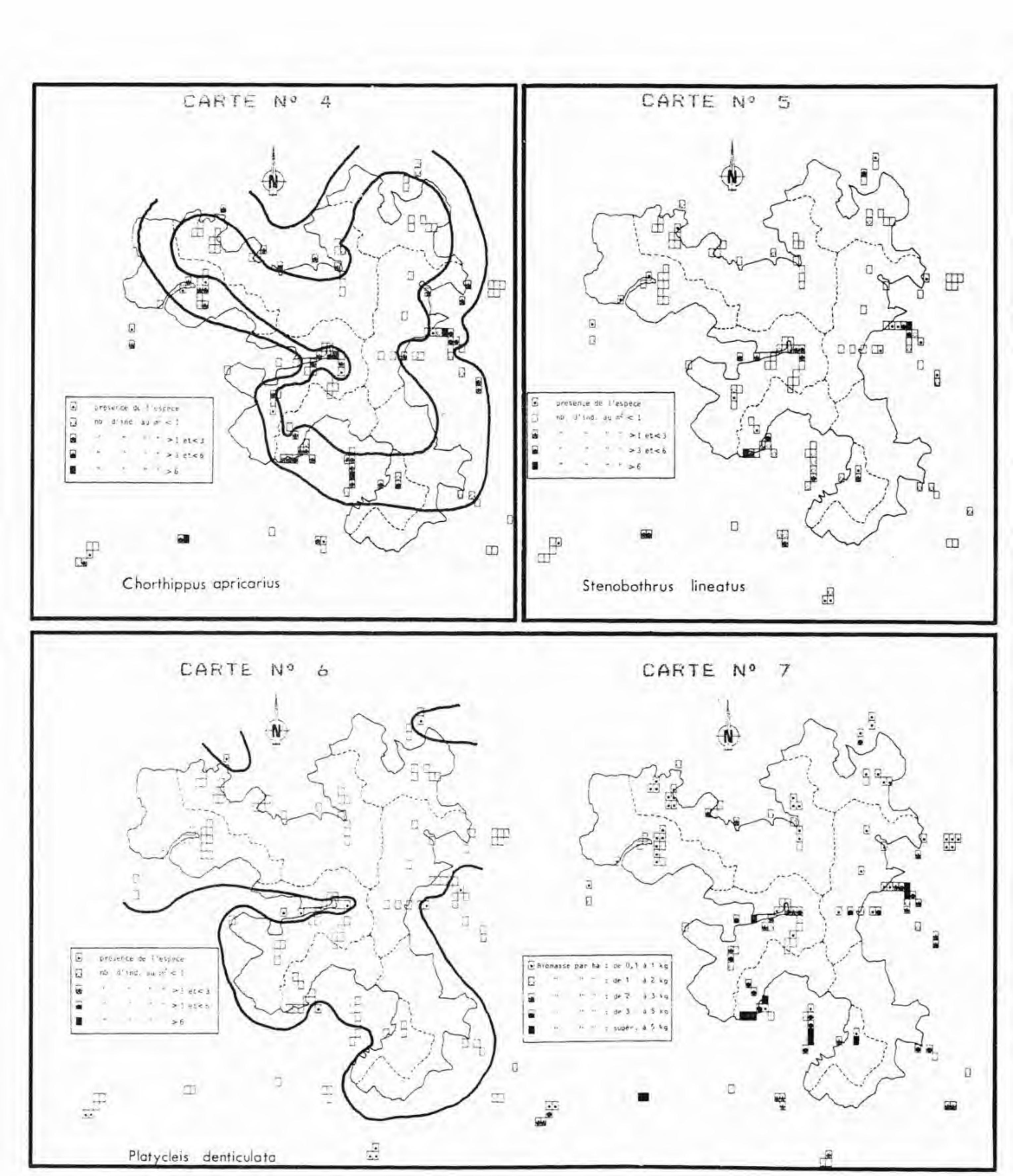


Figure IV : Cartes de répartition de Chorthippus apricarius (N° 4), de Stenobothrus lineatus (N° 5) et de Platycleis denticulata (N° 6). La carte N° 7 correspond à la carte de la biomasse estimée en Kg de matière sèche par ha.

2 Kg/Ha au nord d'une ligne Valgaudemar-Vallouise, alors qu'au sud les estimations sont souvent supérieures à 5Kg/Ha, atteignant même parfois 16Kg/Ha de matière sèche à Puy-Aillaud au dessus de Vallouise, GUEGUEN (1981).

III . EXEMPLE DE L'INVENTAIRE DES ORTHOPTERES DU PARC NATIONAL DU MERCANTOUR.

A) METHODOLOGIE.

L'objectif de cette étude étant de montrer que les peuplements d'Orthoptères sont de bons indicateurs de gradients altitudinaux, la méthodologie utilisée a consisté en l'établissement de transects le long desquels nous avons suivi la répartition des Orthoptères en fonction de l'altitude.

B) RESULTATS.

La figure n°V représente une coupe orientée NO-SE de la vallée du Haut-Var. Le long de cette ligne les Orthoptères sont recensés par des prélèvements quantitatifs effectués de proche en proche en fonction de l'altitude.

Les différents groupements végétaux traversés sont répertoriés.

L'évolution de la biomasse des Orthoptères selon l'altitude est figurée ainsi que les valeurs pour chaque station.

Ce type de représentation montre la succession des 21 espèces présentes sur le transect, en fonction du gradient altitudinal. Le recouvrement observé dans la répartition des espèces est important et entraîne la constitution d'un continuum dans lequel les noyaux à densité élevée sont les véritable marqueurs de la zonation.
On peut distinguer:

- Les espèces de haute montagne dont certaines remontent jusqu'à 2600m : Aeropedellus variegatus, Myrmeleotettix maculatus, Stenobothrus rubicundus. Trois d'entre elles sont présentes sur les deux versants: Gomphocerus sibiricus, Podisma pedestris et Anonconotus alpinus.
- Les espèces de moyenne montagne dont le noyau densitaire se situe entre 2100 et 1800m : Chorthippus apricarius, Stauroderus scalaris et Stenobothrus lineatus.
- Les espèces de basse vallée en limite de répartition à 1800m : Oedipoda germanica, Ephippiger terrestris, Tettigonia cantans et Platycleis denticulata.

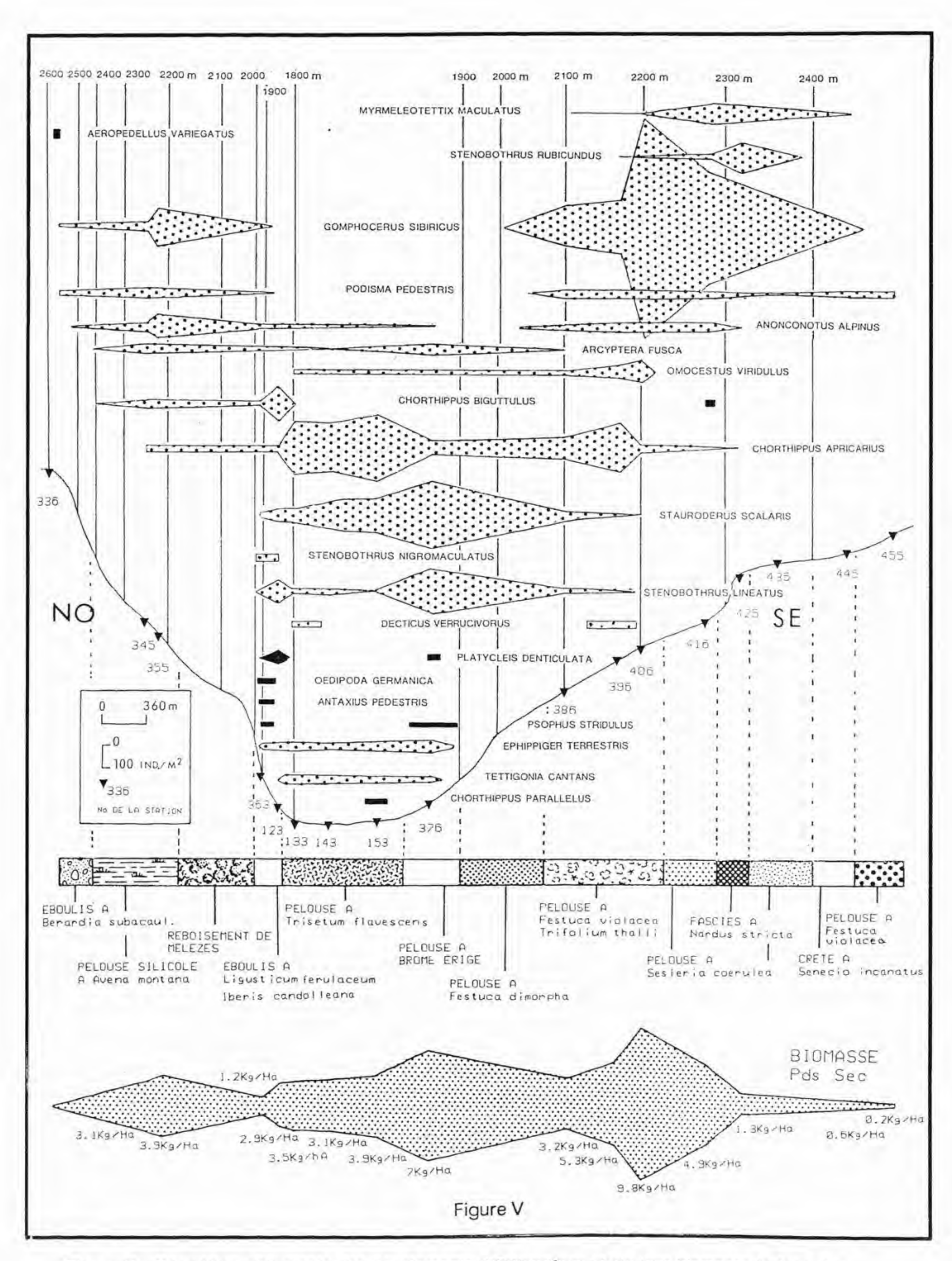


Figure V : Répartition altitudinale des peuplements d'Orthoptères et de leur biomasse le long des deux versants de la vallée du Var. Les groupements végétaux traversés sont figurés.

Source : MNHN, Paris

Le diagramme de biomasse montre que le versant exposé à l'ouest peut supporter une plus forte charge en Orthoptères que le versant opposé, ce dernier apparaissant comme étant moins favorable à l'expansion démographique des peuplements orthoptérologiques.

CONCLUSION.

L'inventaire des Orthoptères de bretagne a permis de confirmer, par une étude faunistique, la diversité des situations climatiques à l'intérieur du climat breton et l'existence:

- d'un climat océanique typique
- d'un sous climat de type sub-montagnard
- d'un sous climat aquitanien entraînant une remontée d'espèces méditerranéennes
- d'un sous climat continental de type parisien.

A une autre échelle, l'inventaire des Orthoptères du Parc National des Ecrins apporte au gestionnaire du milieu des informations quantitatives sur la richesse spécifique, sur la présence d'espèces rares ou sensibles. Il représente également un état des lieux dans lequel chaque site étudié constitue un véritable observatoire du changement.

C'est enfin, à une dimension encore plus restreinte, que nous réalisons actuellement l'inventaire des Orthoptères du Parc National du Mercantour, en limitant notre étude à la répartition des peuplements le long de transects altitudinaux. Cet inventaire montre que les Orthoptères sont de bons indicateurs de gradient et qu'ils peuvent servir de révélateur dans les processus d'opposition de versant.

Ainsi à l'échelle d'une région, d'un massif montagneux ou d'une vallée, l'inventaire qualitatif ou quantitatif des peuplements d'Orthoptères peut fournir, outre une meilleure connaissance de la richesse faunistique d'un milieu naturel, des éléments permettant d'établir une typologie des milieux.

Ces recensements traduisent, pour une composante de la faune épigée, un état des lieux avant modification sous l'effet d'aménagements, KOPANEVA (1976), d'accident écologique comme le feu, GUEGUEN & Coll.(1980), ou de transformations des pratiques agricoles, MOISSONIE & Coll.(1977), ou du pâturage, GUEGUEN-GENEST & GUEGUEN (1986).

BIBLIOGRAPHIE.

BLANDIN (P.), 1986. – Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bull. Ecol.*, 17, 4 : 215–307.

CACHAN (P.), 1982. – *Utilisation des Carabes pour évaluer les transformations de l'espace.* Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires de Nancy, Rapp. : 65 p.

DREUX (Ph.), 1962. – Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises. *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 12, 3 : 323–766.

DREUX (Ph.) & GUEGUEN (A.), 1982. – Catalogue des Orthoptères du Parc National des Ecrins. *Trav. Scient. Parc Nat. des Ecrins*, 2 : 125–145.

FLEURY (D.), 1978. – Le climat de la péninsule armoricaine: conditions générales et sécheresse en 1976. *Penn Ar Bed*, 11, 95 : 431–447.

FLOGAITIS (E.) & BLANDIN (P.), 1985. – L'impact du piétinement sur les Macroarthropodes du sol dans les forêts périurbaines : étude expérimentale. *Acta Oecol., Oecol. applicata*, 6, 2 : 129–141.

GEORGES (A.), 1983. – Quels sont les problèmes qui peuvent être abordés par l'intermédiaire des Coléoptères Carabiques pris comme indicateurs biologiques ? In : *Réflexion sur la notion d'indicateurs biologiques*. Unité d'Ecodéveloppement, INRA–SAD.

GUEGUEN (A.), 1976. – *Recherches écologiques sur les zones d'incultures de basse altitude. Cas particulier de Chrysochraon dispar (Germ.).* Thèse de doctorat de IIIème cycle. Université de Rennes 176 p., 44 p. d'ann. 11 p. de biblio.

GUEGUEN (A.), 1981. – Inventaire qualitatif et quantitatif des Orthoptères du Parc National des Ecrins. *Rapport Parc National des Ecrins*, 20 p., 39 cartes, 2 transparents.

GUEGUEN (A.), 1983. – Dynamique des peuplements d'Orthoptères et évolution du milieu dans un écosystème montagnard. *Rapport Parc National des Ecrins*, 18 p., 38 cartes.

GUEGUEN (A.), LEFEUVRE (J.C.), FORGEARD (F.), TOUFFET (J.), 1980. – Analyse comparée de la dynamique de la restauration du peuplement d'Orthoptères et du peuplement végétal dans la zone brûlée de lande. *Bull. Ecol.*, 11, 3 : 747–764.

GUEGUEN-GENEST (M.C.) & GUEGUEN (A.), 1987. – Effet du pâturage ovin sur la dynamique de population du Criquet de sibérie Gomphocerus sibiricus Finot (Orthopt. Acrididae) dans une formation pâturée d'altitude. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 304 : 443–446.

KOPANEVA (L.), 1976. - Change of communities of Orthoptera in the process of destruction and restoration of the natural biocenosis. *Rev.d'entomologie de l'URSS*, 1 : 19-28.

LUQUET (G.C.) & Du MERLE (P.), 1978. - Les peuplements de fourmis et les peuplements d'Acridiens du Mont Ventoux. III - Les peuplements d'Acridiens. *Terre et vie*, suppl.1978 : 219-279.

MOISSONIE (J.), MARTY (R.) & BOUDOU (A.), 1977. - Gradients biocenotiques prépyrénéens et indicateurs d'action humaine d'après l'étude des groupements d'Orthoptères. *Acrida*, 6 : 153-161.

TOROSSIAN (C.), 1977. - Les fourmis rousses des bois formica rufa, indicateurs biologiques de dégradation des forêts de montagnes des pyrénées orientales. *Bull. Ecol.*, 8, 3 : 333-348.

TOROSSIAN (C.) & ROQUES (L.), 1984. - Les réponses de Formica lugubris Zett à la dégradation anthropique des forêts de l'étage subalpin français. *Bull. Ecol.*, 15, 1 : 77-90.

VOISIN (J.F.), 1979. - *Autécologie et biogéographie des Orthoptères du Massif Central.* Thèse de DOCTORAT d'ETAT, Université de Paris VI., 354 pages + 6 p. biblio.



THE ROLE OF THE BIOLOGICAL RECORDS CENTRE IN NATURE CONSERVATION, WITH SPECIAL REFERENCE TO INVERTEBRATES.

Paul T. HARDING & Brian C. EVERSHAM

Biological Records Centre, Monks Wood Experimental Station,
Abbots Ripton, Huntingdon, Cambs PE17 2LS
UNITED KINGDOM

ABSTRACT.

Through the national biological recording schemes, the Biological Records Centre collaborates with several thousand voluntary specialists to collect data on over 9000 species of invertebrates in the United Kingdom. The collection and storage of data at the Biological Records Centre and the use of the data for nature conservation is described.

INTRODUCTION.

The national Biological Records Centre (BRC) was set up in 1964. It operates within the Institute of Terrestrial Ecology with partial funding from the Nature Conservancy Council. The Centre is the largest single computerized data bank in the British Isles containing information on the occurrence of the flora and fauna. At present, the data bank contains 3.4 million records of nearly 9000 taxa, and increases by 1/4 million records annually. Nearly one million records of invertebrates are currently held on computer file. The information stored in BRC answers four basic questions in each record:

What species ?
Where was it found ?
When was it found ?
Who made the record ?

I. OBJECTIVES.

The objectives of BRC are as follows:

1- To maintain and improve the national computerized data bank of information on the occurrence of the flora and fauna of the British Isles.

2- To maintain an archive of the original source material from which the data bank was compiled.

3- To make the data it holds available for research, monitoring, nature conservation, environmental evaluation, education and public information.

II. DATA COLLECTION.

The main sources of BRC's data are over 60 national recording schemes, of which nearly 50 cover invertebrates. Schemes are organized voluntarily by national societies, by study groups and by individual specialists. The national schemes collect data mainly from volunteers ; it would be uneconomical for the government to collect

data on the scale of this national survey using professional biologists. Figure 1 summarizes the flow of data to BRC.

Almost all records are channelled through the national recording schemes. Each scheme has an acknowledged expert, or experts, responsible on a voluntary basis for the validation of identifications. These experts may deal with records nationally, regionally, or by taxonomic units. Some data come from professional biologists conducting surveys or research. The range of invertebrate recording schemes currently in operation is summarized in figure 2.

Volunteers use specially designed, but comparatively simple, record cards, which are supplied free of charge. Each card is used to collect the same minimum amount of information, but for some groups, the volunteers are required to complete more complex cards, for example to collect information on habitats.

III. THE DATA BANK.

Information collected on record cards is logged on computer file as numerical codes. The data file for each taxonomic group is supported by a number of dictionary files used to translate these codings to names when readable alpha/numeric output is required.

The main BRC data bank is held on a VAX 8600 using the ORACLE data base management system. Initial editing and file formatting is done on a microVAXII using special programs in BASIC. Input of data is on an IBM PC.

The data fields stored on computer file are summarized in figure 3.

Many schemes for invertebrates have been set up only within the last few years. However, data for over 1400 species of invertebrates are already on computer files (figure 4 and 5).

IV. USE OF THE DATA BANK.

Computer searches of the data held on file may be used in the following ways to assist in nature conservation.

A) DISTRIBUTION MAPS.

National distribution maps, either published in atlases or monographs (see Harding 1985), or produced specifically for an enquiry, may be used to place the local occurrence of a species in a national context.

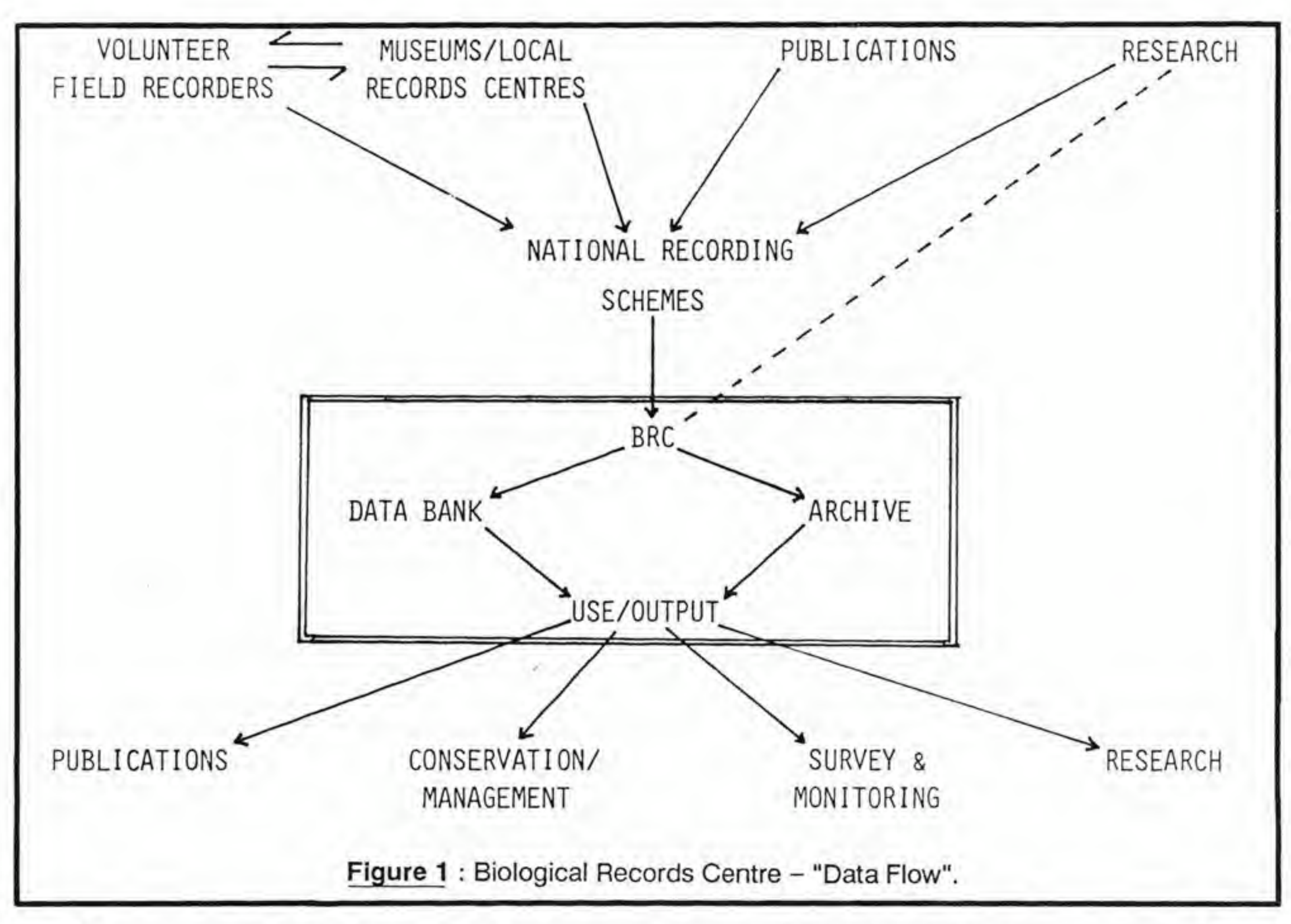


Figure 1 : Biological Records Centre – "Data Flow".

Group	Number of species (approx)
INSECTS	
Orthoptera)	
Dermaptera)	53
Dictyoptera)	
Ephemeroptera	40
Odonata	54
Heteroptera	560
Auchenorhyncha	350
Neuroptera)	
Mecoptera)	75
Megaloptera)	
Trichoptera	200
Macro Lepidoptera	1500
Butterflies	72
Coleoptera (selected families)	3000
Hymenoptera - Aculeata	620
Diptera (selected families)	1000
Siphonaptera	60
OTHER INVERTEBRATES	
Tricladida	20
Freshwater Oligochaeta	80
Pseudoscorpiones	26
Opiliones	24
Araneae	600
Cladocera	80
Isopoda	50
Diplopoda	50
Chilopoda	50
Mollusca	200

Figure 2 : Biological Records Centre – Invertebrate recording schemes.

1.	TAXONOMIC	1.1	Order/Genus/Species/ Infra-specific taxon
2.	GEOGRAPHICAL	2.1	Country
		2.2	Vice-county
		2.3	Grid reference (10-km, 1-km or 100 m square)
		2.4	Locality
		2.5	Site status (eg NNR/SSSI/N.T./ Trust N.R.)
3.	TEMPORAL	3.1	Date (day/month/year or date period)
4.	PERSONAL	4.1	Recorder/collector
		4.2	Determiner
		4.3	Record compiler
5.	OTHER	5.1	Altitude
		5.2	Habitat
		5.3	Record source (field/museum/ literature)
			5.3.1 Location of voucher material
			5.3.2 Reference to bibliography
		5.4	Species status (native, naturalized etc)

Figure 3 : Biological Records Centre – Data fields for site-relatable data.

Group	Number of records	Number of species
INSECTS		
Orthoptera and allies	23 000	35
Odonata	69 000	54
Lepidoptera		
Rhopalocera	250 000	72
Macro-Lepidoptera	316 000	1500
Coleoptera		
Coccinellidae	9 300	43
Hymenoptera		
Aculeata	9 000	25
Diptera		
Brachycera	12 800	160
Dixidae	1 000	14
Sepsidae	6 000	26
Others	2 000	12
TOTALS	698 000	1941

Figure 4 : Biological Records Centre – Invertebrate data bank I.

Group	Number of records	Number of species
OTHER INVERTEBRATES		
Hirudinea	4 200	16
Opiliones	11 200	24
Cladocera	4 000	80
Amphipoda	400	6
Terrestrial Isopoda	27 000	45
Diplopoda	14 000	50
Chilopoda	16 000	50
Mollusca	140 000	200
TOTALS	216 800	471

Figure 5 : Biological Records Centre – Invertebrate data bank II.

B) DEFINING UNCOMMON SPECIES.

a) The rarity of species may be assessed using national maps to compare the recorded occurrence of individual species against the overall coverage for groups of species (for example, all Odonata, or all Carabidae). Truly rare species will have been recorded in only a low percentage of the localities from which common and widespread species have been recorded, but this measure of rarity may only be used where sufficient data are available.

b) Changes in the national or local status of species may be detected and monitored by use of data from repeated or long-continued surveys.

C) SITE INFORMATION FOR THREATENED SPECIES.

Uncommon or highly localized species may also be threatened and therefore warrant inclusion in a Red Data Book. Lists of the localities for such species are essential to define the precise location of remaining populations and for tracing former localities for further surveys.

D) INVENTORIES OF IMPORTANT SITES.

a) Inventories of sites for nationally and locally uncommon or threatened species may be compiled to aid the selection of sites for conservation.

b) Assemblages of species which are characteristic of a particular habitat may be used to define important sites. The computer file may be searched to provide lists of such sites. The relative importance of these sites (one compared to another) may be assessed using multivariate methods (for example see papers in Luff 1987).

E) SPECIES INVENTORIES FOR SELECTED SITES.

Inventories of species may be compiled for any named site covered by the survey of a national recording scheme, or for any grid cell, from a 100–m square to a 100–km square, or for a county.

F) INFORMATION FOR SURVEY AND MONITORING.

The presence or absence records of a national scheme may be used for a variety of purposes in survey and monitoring, for example, to indicate areas and localities for repeat surveys, or to provide a baseline for monitoring general distribution in relation to environmental changes, especially changes of land use or site management.

REFERENCES.

HARDING (P.T.), 1985 – *Current atlases of the flora and fauna of the British Isles.* Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon.

LUFF (M.L.), 1987 (editor) – *The use of invertebrates in site assessment for conservation.* Agricultural Environment Research Group, Newcastle upon Tyne.



Source : MNHN, Paris

UTILISATION DE L'INVENTAIRE DES SCARABEIDES DE FRANCE POUR LA DELIMITATION DE SECTEURS ET REGIONS FAUNISTIQUES; LE CAS DU LANGUEDOC–ROUSSILLON.

Jean–Pierre LUMARET

Laboratoire de Zoogéographie
Université Paul Valéry
B.P. 5043
34032 Montpellier Cedex
FRANCE

INTRODUCTION.

L'inventaire des Scarabéides Laparosticti de France (Insecta : Coleoptera) a été lancé officiellement en 1980 sous l'égide du Secrétariat de la Faune et de la Flore (LUMARET, 1980 a). La mise en place d'un réseau de correspondants, la compilation des données, leur saisie et leur vérification ont constitué un gros travail qui est en voie d'achèvement, avec la sortie dans les mois à venir des cartes de 193 espèces. La connaissance de la distribution fine de nombreuses espèces en sera très largement améliorée.

L'entrée d'informations très précises concernant les coordonnées géographiques, l'altitude, les dates de capture, la physionomie des stations (en particulier leur degré d'ouverture), la dureté du sol, le type d'excrément où l'insecte a été capturé, etc..., permet une utilisation très large des données et leur expression à différents niveaux d'échelle : le territoire national, une région, un département ou une commune. Là où les informations sont les plus abondantes et les plus complètes, il est possible d'aller beaucoup plus loin que la présentation de simples cartes de répartition. Leur synthèse amène à l'identification d'espaces faunistiques, certains d'une exceptionnelle richesse, d'autre beaucoup plus pauvres. Les plus riches et diversifiés pourraient faire l'objet d'une surveillance ultérieure et d'études plus approfondies de manière à comprendre l'origine de leur richesse et prévenir une éventuelle régression de celle-ci.

Une telle synthèse a été réalisée pour le Languedoc-Roussillon qui est une région faite de contrastes, tant du point de vue orographique que lithologique, climatologique ou botanique.

I . PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.

Bordée sur plus de 200 Km par la Méditerranée et au carrefour d'influences méditerranéennes, continentales et montagnardes, la région d'étude couvre approximativement 74 600 Km^2. Les limites que nous nous sommes fixées sont les suivantes : au Nord, le 45e parallèle ; à l'Est, la vallée du Rhône ; à l'Ouest, une ligne qui joint la Principauté d'Andorre, Toulouse et Cahors ; à l'extrême Sud, la frontière franco-espagnole, avec un débordement sur le versant espagnol des Pyrénées.

Les principaux ensembles orographiques qui peuvent être définis sont les suivants :

le Sud du Massif Central, avec l'Aubrac, le Gévaudan et la Margeride, prolongés par les massifs du Mont Lozère et de l'Aigoual qui constituent les Cévennes cristallines. Plus au Sud-Ouest on retrouve d'autres massifs cristallins, l'Espinouse, le

Somail, les Monts de Lacaune et enfin la Montagne Noire. D'un point de vue climatique ces massifs constituent une zone où s'affrontent des influences méditerranéennes (surtout vers le Sud) et atlantiques (partie Ouest et Sud-Ouest), modifiées par le relief. La pluviosité peut être importante, comme au Mont Aigoual (altitude 1565 m) qui reçoit en moyenne une lame d'eau de 2242 mm (extrêmes : 1090 et 4079 mm), ce qui en fait un des massifs les plus arrosés de France, bien que l'influence méditerranéenne s'y manifeste par une relative sécheresse estivale. Dans la partie Ouest et Sud-Ouest la pluviosité atteint presque partout un mètre d'eau par an.

Des Causses calcaires séparent les deux ensembles cristallins précédents. Il s'agit de grands plateaux jurassiques dont l'altitude est comprise entre 700 et 1200 mètres. Ils s'abaissent vers l'Ouest, où leur altitude est de l'ordre de 400 m environ.

Au Sud des Cévennes débute la partie typiquement méditerranéenne, constituée de bas plateaux calcaires. Ils forment la région des garrigues, qui consistent en un karst couvert d'une formation végétale dégradée où domine le Chêne vert. Cette région est caractérisée par une température moyenne annuelle élevée, de l'ordre de 12 à 13°C, et par une pluviosité irrégulièrement répartie au cours de l'année. Les pluies tombent typiquement au printemps et en automne tandis que durant l'été sévit une période de sécheresse plus ou moins longue, qui souvent excède 2 mois.

Au delà des garrigues s'étend la plaine littorale, remblayée de sédiments quaternaires. Elle est séparée de la mer par un cordon de dunes. C'est le domaine des cultures, où la vigne occupe la plus grande part. Plus au Sud on retrouve d'autres formations calcaires qui constituent les Corbières. Elles s'appuient sur les Pyrénées et leurs prolongements. Enfin vers l'Ouest, au delà du seuil de Naurouze, débutent les contreforts du bassin d'Aquitaine, qui est une vaste plaine alluviale soumise aux influences atlantiques.

II. METHODOLOGIE.

C'est dans ce cadre physique qu'un échantillonnage stratifié a été réalisé de manière à recouper les différents gradients climatiques, lithologiques et altitudinaux. 731 stations ont été échantillonnées, soit près d'une station tous les 10 Km dans tous les sens.

Les Scarabéides coprophages constituent à la fois du point de vue taxonomique et biologique un groupe relativement homogène, même si quelques espèces se situent à la lisière entre la coprophagie et la saprophagie. Les espèces sont donc théoriquement assez faciles à récolter. Toutefois de telles moeurs posent un certain nombre de problèmes méthodologiques. Le plus important consiste sans doute

à trouver les excréments dont se nourrissent les espèces. En effet l'élevage, qui en est la source principale, est une activité agricole fort discontinue dans la région qui nous concerne. Ainsi, alors que dans l'Albigeois, les Monts de Lacaune ou les Grands Causses l'échantillonnage a été facilité par une généralisation de l'élevage bovin ou ovin, il n'en a pas été de même dans les plaines littorales du Languedoc et du Roussillon, ainsi que dans les zones de collines comme celles du Minervois ou des Corbières où la vigne occupe la plupart des terres. Dans ces conditions un piégeage systématique s'est révélé nécessaire pour échantillonner les espèces présentes (LUMARET, 1979). L'ensemble des relevés a permis le recueil d'environ 50 000 insectes appartenant à 103 espèces réparties en 14 genres et 4 familles : Trogidés, Géotrupidés, Scarabéidés et Aphodiidés.

Parmi les méthodes d'analyse permettant de déceler quelles sont, parmi toutes les variables recueillies sur le terrain, celles auxquelles les espèces réagissent le mieux, notre choix s'est porté sur la méthode de l'information mutuelle et des profils écologiques (GODRON, 1968). Cette méthode analytique non métrique, qui fait appel aux probabilités et tolère l'utilisation de données qualitatives (présence–absence), permet en particulier de hiérarchiser, pour une espèce donnée, toutes les variables analysées (LUMARET, 1978/79 a). La traduction cartographique, sur un seul document, de la distribution de la variable et de celle d'une espèce permet de dresser des cartes de distribution effective ou potentielle.

III . RESULTATS.

Parmi les principaux facteurs physiques, le substrat lithologique, la température, ou la sécheresse peuvent constituer des facteurs limitants de distribution. Ces facteurs ne sont pas totalement indépendants les uns des autres. L'action de l'un d'eux peut s'additionner à celle d'un autre, ou au contraire être compensée par celui-ci.

Par exemple, le facteur primordial pour Scarabaeus semipunctatus F. est la présence de sols sableux à texture lâche. Cette espèce se trouve donc essentiellement cantonnée dans les dunes littorales, mais se rencontre également dans certaines stations de l'intérieur de la Camargue, au niveau d'un cordon dunaire fossile d'âge Quaternaire (LUMARET, 1978/79 a ; 1980 b). De la même manière, la distribution des affleurements de calcaires jurassiques et crétacés explique la répartition d'Aphodius biguttatus Germ. ou d'Aphodius quadriguttatus (Herbst). Il s'agit d'espèces qui recherchent des sols chauds, secs et bien drainés (LUMARET, 1978/79 a ; 1980 c).

Un autre facteur non négligeable est l'existence d'une période plus ou moins longue de sécheresse estivale. Onthophagus emarginatus Muls. est particulièrement

commun à l'intérieur de l'aire affectée par cette sécheresse quelque soit le type de sol. Hors de ces limites, cet Onthophage se rencontre surtout au niveau de sols sablonneux, chauds et bien drainés. A l'inverse, les espèces qui ont besoin de sols profonds et humides ne s'aventurent que rarement à l'intérieur des limites de la zone de sécheresse estivale, sauf lorsqu'une humidité permanente du sol compense la faible pluviosité. C'est le cas pour Geotrupes spiniger Marsh. qui se retrouve aussi bien en Camargue que le long des marais de la plaine littorale, alors que cette espèce ne pénètre qu'exceptionnellement à l'intérieur des garrigues. Enfin, la présence d'une espèce dans une aire bien délimitée peut résulter d'un isolement historique renforcé ensuite par les caractères de la zone refuge (cas de Copris umbilicatus Ab. de P. sur les Causses).

En définitive chaque espèce sera distribuée dans un espace dont l'ensemble des paramètres satisferont à sa normale écologique et à ses potentialités d'expansion. Mais ces espèces ne vivent pas isolées, indépendamment les unes des autres. Elles constituent des communautés fonctionnelles où elles sont en compétition, ces associations étant plus ou moins diversifiées selon les caractéristiques stationnelles.
Deux stations proches géographiquement pourront donc, selon les cas, être également proches par la composition de leur faune, ou au contraire avoir peu d'affinité faunistique entre elles.

Les 731 stations ont été comparées 2 à 2 en utilisant le coefficient de corrélation de point O, dérivé du coefficient de corrélation de Bravais-Pearson pour ne tenir compte uniquement que du critère présence-absence des espèces. En effet dans une première approche l'abondance relative des espèces importe peu, une espèce rare et une espèce commune apportant la même quantité d'information. La comparaison des stations entre elles s'effectue dans un contexte faunistique global, toutes les espèces étant prises en compte dans le calcul, même celles qui sont absentes dans l'une et l'autre station comparées si elles existent par ailleurs dans la région étudiée. Le coefficient O varie entre −1 et +1. Les valeurs voisines de zéro caractérisent l'indépendance des deux stations. Lorsque O est positif et dépasse une valeur qui dépend du nombre d'espèces présentes, les stations présentent une affinité faunistique, plus ou moins élevée cependant (BONNET, 1964 ; LUMARET, 1978/79 b).

La comparaison de toutes les stations entre elles a ainsi permis de définir des noyaux de forte affinité, délimitant des aires correspondant à des secteurs faunistiques. Ceux-ci, au nombre d'une centaine, ont chacun leur propre pool d'espèces, le passage d'un pool à un autre pouvant être soit continu, soit brutal. Une comparaison des pools des différents secteurs entre eux selon la même méthode d'analyse permet un regroupement d'ordre supérieur. Treize régions faunistiques ont été définies de la sorte pour l'ensemble de la zone prospectée (figure 1).

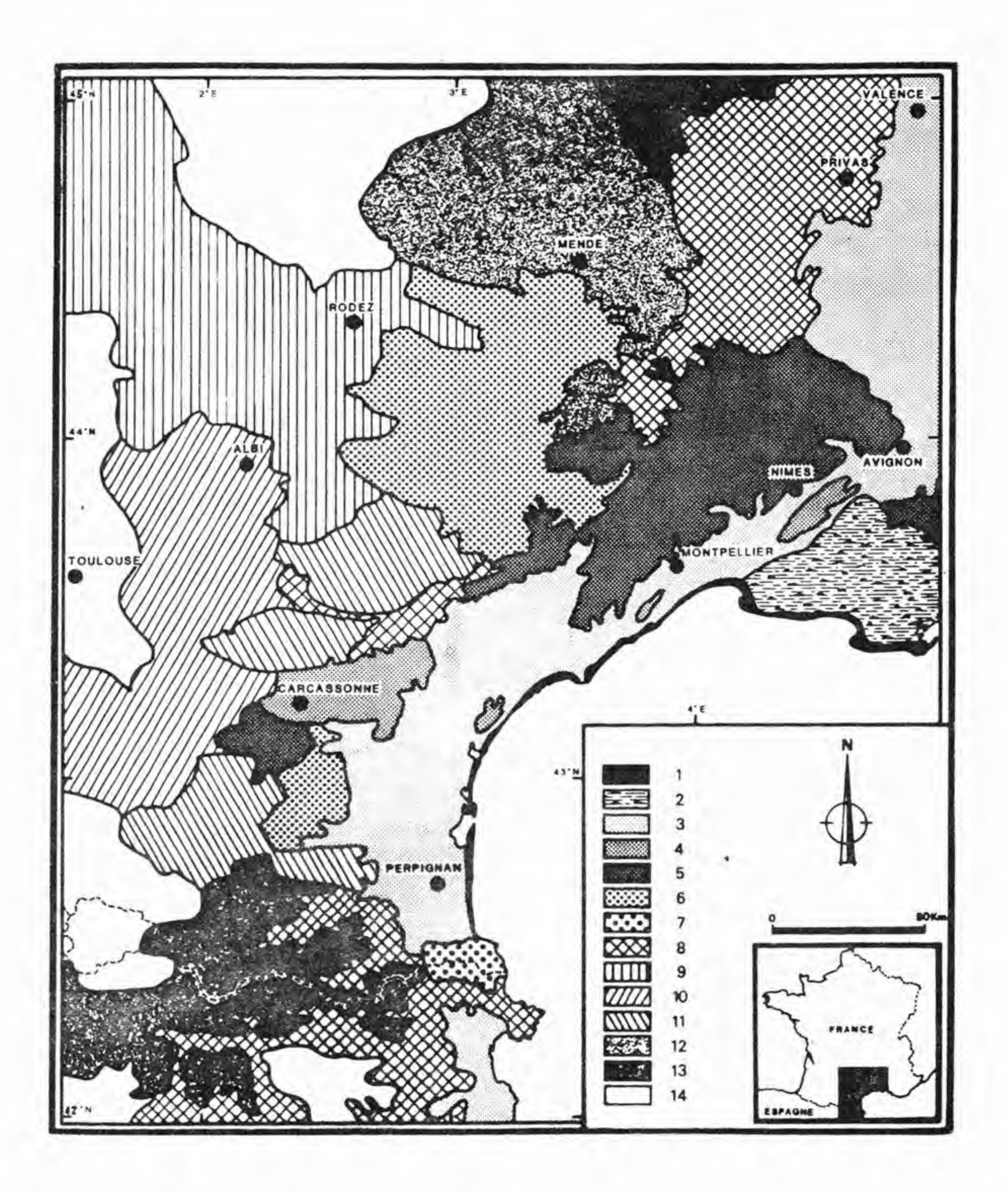


Figure 1 : Régions faunistiques définies à partir de l'analyse des affinités entre secteurs :

1) cordon dunaire (8 espèces)
2) delta Rhône–Durance (67 esp.)
3) plaines côtières et couloir rhôdanien (39 esp.)
4) émergences de la plaine littorale (9 esp.)
5) garrigues (69 esp.)
6) secteurs méditerranéens montagnards sur calcaire (58 esp.)
7) Albères (57 esp.)
8) collines et petits bassins (54 esp.)
9) Causses atlantiques (23 esp.)
10) plaines atlantiques (32 esp.)
11) secteurs montagnards sous influence atlantique (52 esp.)
12) secteurs subalpins (41 esp.)
13) secteurs alpins et subnivaux (46 esp.)
14) affinité non calculée

On a ainsi la possibilité d'identifier des espaces dont on connait la richesse, ce qui permet d'appréhender globalement les problèmes susceptibles de s'y poser lors de perturbations ou d'un changement d'usage de l'espace. Certaines régions font preuve d'une grande richesse, comme les Garrigues (69 esp.), les Causses et Corbières (58 esp.) ou les Albères (57 esp.) tandis que d'autres se signalent par leur extrême pauvreté. Cependant les régions de moindre richesse ne sont pas les moins intéressantes, la pauvreté relative pouvant tout simplement être l'expression de la spécificité d'un milieu hautement sélectif qui, par ce fait même, devrait nécessiter une surveillance particulière. C'est le cas par exemple du cordon dunaire qui, par son originalité, forme à lui seul une région faunistique. Il n'abrite cependant que 8 espèces de Scarabéides coprophages, dont l'une compte parmi les plus grandes de la faune française. Il s'agit de Scarabaeus semipunctatus F., dont la présence, nous l'avons vu précédemment, est exclusivement liée à la présence de sable vif à texture lâche. L'habitat de cette espèce, et par conséquent l'espèce elle-même, sont menacés du fait d'une urbanisation souvent mal contrôlée et d'une pression touristique intense qui s'exercent durant plusieurs mois de l'année au détriment des dunes.

D'une autre manière, l'identification de pools d'espèces bien définis, chacun réparti sur un espace déterminé, permet d'affiner les connaissances que l'on a sur l'écologie du groupe taxonomique considéré, ce qui devrait être la base de toute conservation raisonnée des espèces. A ce niveau de l'étude, un retour vers le terrain s'avère nécessaire afin d'identifier, et si possible quantifier, les facteurs susceptibles d'effectuer un tri parmi les espèces d'un même pool, puisque deux sites du même secteur faunistique n'ont pas des communautés d'insectes qui soient rigoureusement identiques.

Nous avons réalisé une telle étude dans le secteur des garrigues du Montpelliérais (Nord de Montpellier) et mis en évidence trois facteurs primordiaux contrôlant la richesse des communautés de coprophages. Il s'agit du niveau d'ouverture du couvert végétal, du substrat pédologique (en plus du substrat lithologique proprement dit), et du microclimat local (LUMARET, 1983 ; LUMARET & KIRK, 1987).

Si l'on considère dans une même formation végétale (chênaie mixte à Quercus ilex-Q. pubescens) un gradient d'ouverture de la végétation allant de la pelouse à la forêt, la richesse spécifique se maintient à un niveau élevé tant que la surface de projection au sol des arbres et arbustes n'excède pas 50%, ceci dans le cas des stations avec un substrat de calcaire dur fissuré. Au delà la richesse décline rapidement pour être minimale sous forêt (tableau 1).

Gradient physionomique de végétation	Nombre d'espèces
1 (pelouse)	23
2	24
3	26
4	16
5	9
6 (forêt)	3

Tableau 1 : Evolution de la richesse spécifique le long d'un gradient de végétation dans les garrigues du Montpelliérais (stations sur calcaire dur).

La nature du substrat affecte également la richesse spécifique dans une même aire faunistique. Ainsi deux pelouses de même ouverture, l'une sur calcaire dur (pelouse à Brachypodium ramosum), l'autre sur calcaire marneux (pelouse à B. phoenicoïdes), n'ont pas la même richesse. Vingt trois espèces peuvent se rencontrer dans le premier site, et seulement 14 dans le second, le rapport entre le nombre d'insectes capturés avec des pièges standards durant la même période étant dans un rapport de 1 à 20 en faveur de la station sur calcaire dur (tableau 2). On retrouve des rapports du même ordre de grandeur avec d'autres niveaux d'ouverture du milieu (LUMARET, 1983).

	Pelouse à Brachypodium ramosum calcaire dur	Pelouse à B. phoenicoïdes calcaire marneux
Nombre d'espèces	23	14
Nombre moyen d'insectes collectés/piège/an	1 790	85
Indice de diversité de Shannon H'	2,58	2,74

Tableau 2 : Comparaison entre deux pelouses de garrigue (secteur du Montpelliérais) différant par leur substrat édaphique.

Ainsi sous une apparente homogénéité les garrigues se présentent sous la forme d'une mosaïque de milieux divers mais interdépendants, où chaque stade physionomique découle d'un précédent et annonce le suivant, ceci selon une dynamique d'évolution des milieux qui peut être progressive ou régressive. C'est entre ces stades que se distribuent sans cesse les diverses espèces du même pool faunistique, selon leur sensibilité à tel ou tel facteur qui devient prépondérant à partir de l'un des stades de cette évolution.

CONCLUSION.

Un simple inventaire comme celui des insectes Scarabéides coprophages, qui dans une première approche pouvait apparaître, et dans une certaine mesure était simplement destiné à déterminer ou à préciser les limites de distribution des espèces, peut déboucher sur l'identification d'aires faunistiques aux contours relativement précis. Les limites qui ont été tracées l'ont été a posteriori, après analyse faunistique. Or une majorité d'entre elles correspondent dans une certaine mesure avec celles des secteurs

écologiques établis pour le Languedoc-Roussillon sur d'autres critères par les phytoécologues (EMBERGER, 1930 ; MANIL, 1963 ; GODRON, 1963, 1968 ; LE FLOC'H et al., 1969). Certaines limites sont communes ; d'autres ne correspondent pas à des facteurs écologiques discriminants pour les insectes Scarabéides et n'ont pas été mises en évidence ; d'autres limites enfin sont apparues. Le suivi à moyen terme de l'évolution de la composition de certains pools laisse entrevoir la réelle possibilité de surveillance de ces aires à partir du moment où, toutes les espèces ne réagissant pas de la même manière aux mêmes facteurs, certaines peuvent apparaître comme des indicateurs d'éventuels changements. Mais les inventaires devraient aussi, et peut-être en définitive surtout, déboucher sur des études plus fines d'écologie des peuplements, dans la mesure où les phénomènes biologiques s'exercent localement au niveau des stations, des espèces et de leurs interactions. Cette voie pourrait conduire à mettre en place les outils menant à une modélisation de l'utilisation de l'espace par des insectes.

BIBLIOGRAPHIE.

BONNET (L.), 1964. – Le peuplement thécamoébien des sols. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 1, (2) : 123–408.

EMBERGER (L.), 1930. – Matériaux pour l'étude de la flore et de la végétation du Maroc. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 21 : 101–114.

GODRON (M.), 1963. – *Esquisse des régions naturelles du Maroc. une carte au 1/2.000.000.* Inst. Nat. Rech. Agron., Rabat, Maroc.

GODRON (M.), 1968. – Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale (recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage). *Oecol. Plant.*, 3 : 185–212.

LE FLOC'H (E.), LONG (G.), POISSONNET (J.), GODRON (M.), 1969. – Végétation. In : *Atlas du Languedoc-Roussillon*, Berger-Levrault édit., Paris.

LUMARET (J.P.), 1978–79 a. – Biogéographie et écologie des Scarabéides coprophages du Sud de la France. I. Méthodologie et modèles de répartition. *Vie Milieu*, série C, 28–29 (1) : 1–34.

LUMARET (J.P.), 1978–79 b. – Biogéographie et écologie des Scarabéides coprophages du Sud de la France. II. Analyse synécologique des répartitions. *Vie Milieu*, série C, 28–29 (2) : 179–201.

LUMARET (J.P.), 1979. – Un piège attractif pour la capture des insectes coprophages et nécrophages. *Entomologiste*, 35 (2) : 57–60.

LUMARET (J.P.), 1980 a. - Contribution à l'étude de la distribution des Scarabéides en France. *Entomologiste*, 36 (1) : 38-39.

LUMARET (J.P.), 1980 b. - Scarabaeus typhon Fisher, 1823, et Scarabaeus semipunctatus Fabricius, 1792 (Insectes, Coleoptera). *Documents Atlas Zoogéographique du Languedoc-Roussillon* (ISSN 0181-1819), 6 : 1-4.

LUMARET (J.P.), 1980 c. - Les Bousiers. *Collection Faune et Flore*, Balland édit., Paris, 130 pp.

LUMARET (J.P.), 1983. - Structure des peuplements de Scarabaeidae coprophages en région méditerranéenne française : relations entre les conditions écologiques et quelques paramètres biologiques des espèces. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 88 (7-8) : 542-569.

LUMARET (J.P.) & KIRK (A.), 1987. - Ecology of dung beetles in the French mediterranean region (Coleoptera : Scarabaeinae). *Acta Zool. Mex.* (n.s.), 24 : 1-55.

MANIL (G.), 1963. - Niveaux d'écosystèmes et hiérarchie de facteurs écologiques. Un exemple d'analyse dans les hétraies ardennaises de la Belgique. *Bull. Sc. Acad. r. Belg.*, 49 (6) : 603-623.



Source : MNHN, Paris

UTILISATION DES REGIONS ENTOMOFAUNISTIQUES DANS LA PROTECTION DES ZONES NATURELLES.

Angeles MARCOS-GARCÍA et Eduardo GALANTE

Unidad de Zoología
Facultad de Biología
Universidad de Salamanca
37071 - Salamanca
ESPAGNE

INTRODUCTION.

Pendant les dernières décennies il y a eu une prise de conscience croissante des citoyens vis à vis des thèmes de protection de la nature. Cela a abouti à l'adoption de diverses mesures par les différents responsables des administrations publiques européennes, parmi lesquelles se placent préférentiellement l'aménagement du territoire et la conservation des zones naturelles. Or, cet intérêt pour la nature s'est à peine ressenti dans l'étude des invertébrés.

Dans la protection des espaces naturels, on agit souvent dans l'intérêt d'une ou plusieurs espèces aussi bien du monde végétal que animal (principalement des vertébrés), et non pas pour l'ensemble de la zone. D'autre part, les données qui peuvent exister sur les invertébrés d'une zone à protéger ne sont pas souvent prises en compte, et la réalisation d'études préalables sur ces animaux n'est pas assez encouragée. Cette problématique se pose en partie par la grande méconnaissance du rôle important joué par les différents groupes d'invertébrés dans les écosystèmes.

De même, il peut arriver que l'intérêt d'une zone du point de vue botanique, paysager ou de la faune vertébrée, ne corresponde pas avec celui de la composition de la faune invertébrées. Il serait donc souhaitable de pouvoir trouver un équilibre entre tous ces paramètres à considérer dans la protection des zones, de façon à tous les exaucer le plus favorablement possible lors de la définition d'un espace naturel à protéger.

I. LA PROTECTION DES ESPACES NATURELS ET LES INVERTEBRES.

Quand on projette la protection d'un espace naturel donné, indépendamment des descripteurs du milieu, les conclusions peuvent être basées sur des critères très différents (MARGULES, 1984 ; MARGULES ET USHER, 1981 et 1984 ; USHER, 1986), les plus employés étant : la diversité (GOODMAN, 1975 ; SOUTHWOOD, 1978a et b ; USHER, 1973 ; YAPP, 1979), la rareté de l'habitat ou des taxa présents (DRURY, 1974 ; HELLIWELL, 1982 ; MARGULES et USHER, op.cit.), ainsi que l'aire (RAFE, 1983 ; WARD et LAKHANI, 1977 ; WEBB, 1982). Il est évident que les études entreprises en vue de la protection d'une zone, ne le seront que là où cette action parait intéressante. Etant donné le niveau de connaissances de notre faune européenne d'invertébrés, on ne peut pas penser à élire une zone naturelle uniquement en fonction de ce groupe d'animaux, puisque cela serait presque impossible dans la plupart des cas. Cependant les recensements d'invertébrés peuvent être employés, tel qu'on le verra plus loin, afin d'établir un ordre de priorité parmi les possibles espaces naturels à protéger. On peut étudier un groupe plus ou moins vaste d'invertébrés qui puisse servir de paramètre dans les processus de protection des espaces naturels.

Le problème de l'utilisation des invertébrés dans la protection des zones peut venir du fait que les échantillonnages effectués ne soient pas ceux appropriés au groupe étudié (DISNEY et al., 1982 ; USHER, op. cit.). Les méthodes de capture varient beaucoup d'un groupe d'invertébrés à l'autre et parfois les données obtenues sur la richesse en espèces d'une zone sont peu fiables à cause du choix peu adéquat de la méthode de capture. Cela implique qu'il faut être très prudent lorsque l'on évalue les données bibliographiques sur la composition de la faune d'invertébrés d'une zone déterminée. Il n'est donc pas convenable dans les processus de protection des espaces naturels de se limiter à observer la richesse de la faune invertébrée d'une zone géographique déterminée, mais de réaliser des études exclusivement orientée dans le but de faire ressortir les différences existantes entre les zones apparemment semblables sous d'autres points de vue, tels que la végétation, le paysage, etc...

Les méthodes d'échantillonnage employées devront être bien analysées et il faudra, dans la mesure du possible, tenir compte de la problématique dérivée de l'utilisation des méthodes de capture et sur lesquelles il existe une abondante bibliographie (SOUTHWOOD, 1978a ; CLEMENTS, 1982 ; YOUNAN ET HAIN, 1982 ; etc...). L'idéal serait dans beaucoup de cas de combiner deux méthodes : échantillonnage direct et échantillonnage avec des pièges. Aussi, il est absolument nécessaire de réaliser l'échantillonnage tout au long de l'année pendant une période supérieure à celle-ci, et dans des zones diversifiées de l'espace géographique considéré. De cette façon on pourra établir une liste qui bien qu'elle soit proche de la réalité, ne donnera jamais une composition exacte du ou des groupes étudiés. C'est pour cela que nous avons dit auparavant qu'il était parfois difficile d'établir des zones à protéger sur la base d'une liste des espèces d'invertébrés qu'on y trouve. Cependant, on peut analyser la composition faunistique de différents points d'échantillonnage (stations) et les comparer. Ceci démontrerait qu'il existe des affinités entre certains points, pouvant ainsi établir des zones plus vastes (secteurs faunistiques) différentiées entre elles et qui correspondraient au concept de "Niveau de Secteur" de BLONDEL (1979).

A partir de l'existence de secteurs faunistiques, obtenus par l'examen de la faune des divers groupes d'invertébrés qui habitent dans une région géographique déterminée, on pourra établir des zones bien différentiées ou pouvant être rattachées entre elles. Postérieurement, ces données vont permettre d'établir un ordre hiérarchique de ces zones en nous appuyant sur d'autres données telles que la diversité, la richesse faunistique, etc... Cela permettra de déterminer quelle zone devra être protégée dans une région déterminée, là où il semblait convenable de préserver un espace naturel.

Pour le choix des points d'échantillonnage (stations) dans chacun des milieux considérés, les descripteurs classiques du milieu peuvent être employés : paysage, milieu physique, climatologie, végétation, degré d'ouverture de la station, etc... Sur cette base il faudra obtenir des données périodiques tout au long de l'année, avec lesquelles on obtiendra à la fin une liste des espèces de la région étudiée et des listes partielles pour chacune des stations d'échantillonnage.

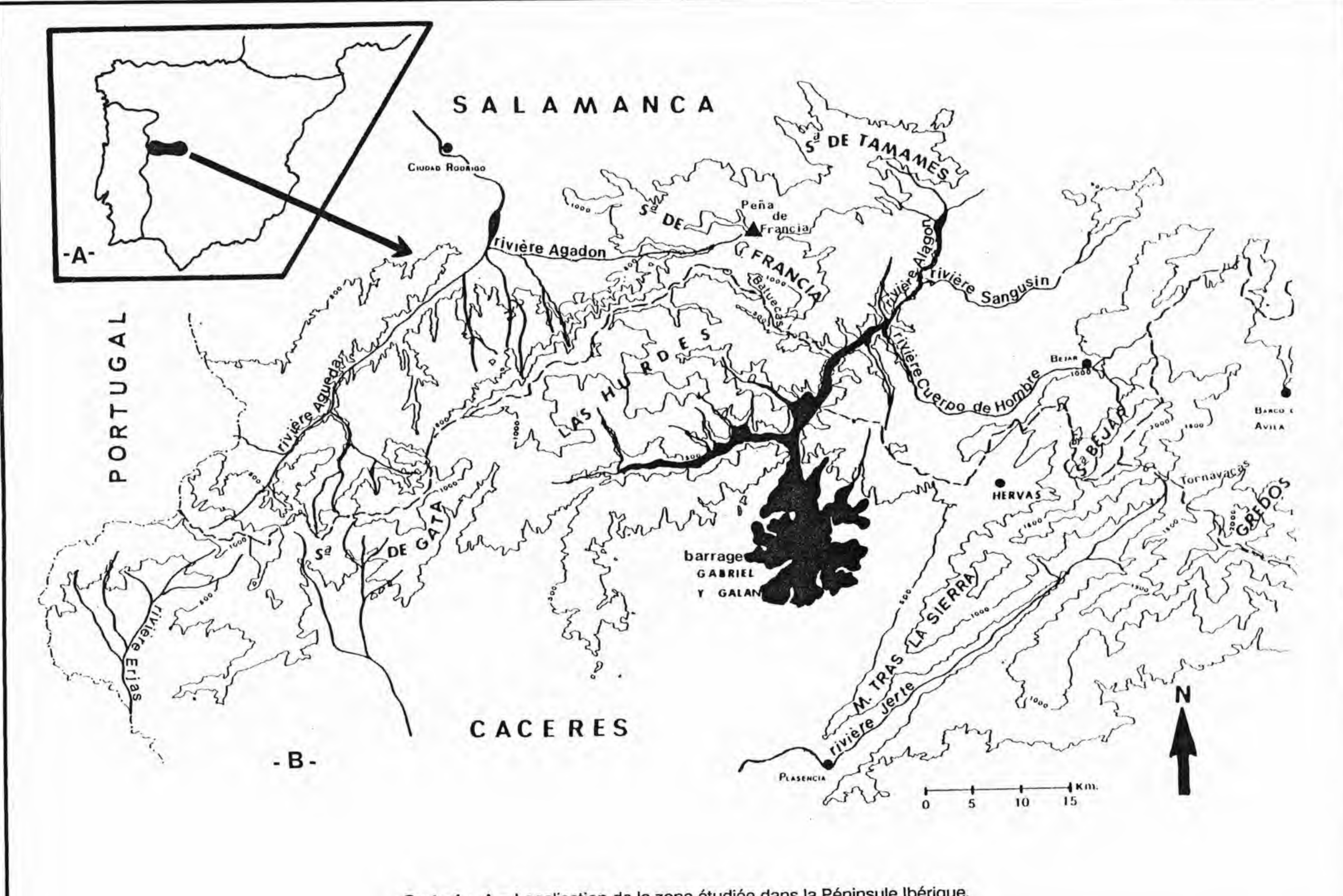
Cependant on doit signaler que ces études devraient toujours être menées par des spécialistes de la biologie des espèces du groupe étudié. Fait important, car il permettra d'interpréter le faible nombre de capture de certaines espèces, leur repérage ponctuel dans l'espace ou dans le temps, etc..., et par conséquent, toutes les répercussions possibles qui auraient lieu dans le cas de leur disparition, ou au moins, de la diminution appréciable de leurs populations.

II. ETUDE D'UN CAS PRATIQUE.

Maintenant nous allons présenter un exemple concret basé sur l'étude de l'Ecologie et Biogéographie des Diptera Syrphidae des montagnes occidentales du Système Central de la Péninsule Ibérique (MARCOS-GARCÍA, 1984, 1985a,b, 1986 et 1987). Ainsi on montrera l'utilité que peuvent avoir les études de quelques groupes d'invertébrés afin d'établir des zones bien différentiées dans un espace géographique apparemment uniforme.

A) ZONE D'ETUDE.

La zone où est centrée l'étude (carte 1) est formée par les chaînes de montagnes de la région occidentale du Sistema Central de la Péninsule Ibérique. Elles constituent une véritable barrière naturelle entre le plateau nord et le plateau sud à l'ouest de la péninsule. C'est un point de rencontre des espèces faunistiques qui ont pénétré par le nord et par le sud de la péninsule. La zone est aussi un centre de spéciation qui présente actuellement une série considérable d'endemismes.
Cette zone comprend les "Sierra de Béjar", "Sierra de Francia" et "Sierra de Gata" avec des prolongements vers le nord (Sierras de Tamames) et vers le Sud (Sierra de Montes de Tras de la Sierra). Il existe une dépression formée par le bassin de la rivière Alagon. La limite nord de la zone d'échantillonnage est située entre 800 et 1 000 m d'altitude. La limite sud de la zone étudiée est établie entre 350 et 500 m d'altitude.
On trouve le maximum pluviométrique dans le secteur le plus occidental en diminution progressive vers l'est. On dépasse les 1 500 mm de précipitation annuelle dans la plus grande partie de la zone. L'influence atlantique de la zone augmente de l'est vers l'ouest. Il existe une période sèche durant les mois de juillet, août et septembre. La zone de plus haute température correspond au bassin de l'Alagón.



Carte 1 : A – Localisation de la zone étudiée dans la Péninsule Ibérique.
B – Zone étudiée.

Source : MNHN, Paris

De façon général on peut situer les "sierras" et les parties situées au nord des "sierras" dans la zone phytoclimatique de chênaie (Quercus pyrenaica Will.) tandis que les secteurs situés au sud entreraient, en grande partie, dans une zone phytoclimatique de chênes verts avec Quercus rotundifolia Lam. et Quercus suber L. comme espèces arborescentes dominantes.

Par les caractéristiques de la région étudiée on peut y distinguer trois grandes zones ou sections qui à priori semblent similaires :

1) zones de basse altitude :
situées dans des cotes inférieures à 800 m d'altitude et soumises à l'influence méditerranéenne. Elles se trouvent sur le versant sud des "sierras" étudiées, et dans les vallées tempérées. Elles se caractérisent par la présence de Quercus rotundifolia Lam., Quercus suber L., Daphne gnidium L., Phyllirea angustifolia L. et Cistus salvifolius L. ou bien par la présence de divers espèces de Thymus et/ou de Cistus correspondant à des étapes de substitution.

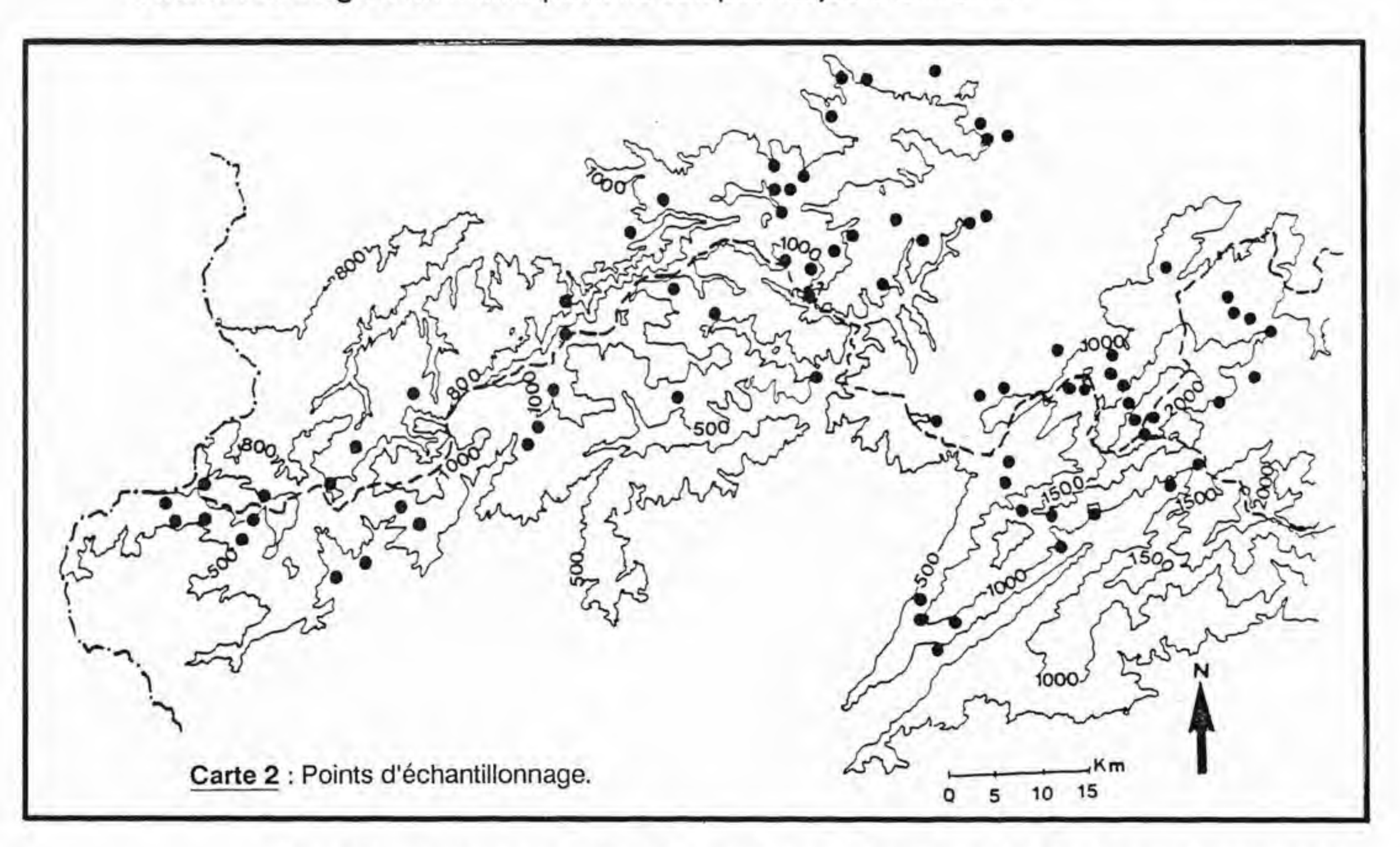
2) zones de moyenne altitude :
comprises approximativement entre 800 et 1 500 m d'altitude . Elles correspondent à des forêts d'arbres à feuilles caduques du climat méditerranéen froid et humide, avec Quercus pyrenaica Will. comme espèce arborescente prédominante. Dans certaines zones, apparaissent de petites forêts de Castanea sativa Müller, dues à l'action humaine.

3) zones de haute altitude :
formées par les zones les plus élevées et situées en général au dessus de 1 500 m d'altitude. Dans les cotes les plus basses et par dégradation des chênaies, apparaissent des étapes de substitution comme divers espèces de Erica et taillis de papilionacées (Genista florida L., etc...). Dans les cotes plus hautes et dans les clairières des chênaies on trouve des prairies de Nardus stricta L. comme espèce caractéristique.

B) METHODE.

Soixante dix neuf points d'échantillonnage situés entre 350 et 2 400 m d'altitude (carte 2) ont été choisis en essayant d'assurer la représentation de tous les milieux existants. Chaque point a été visité tous les mois durant deux années (1980, 1981), pendant une période uniforme d'une demi heure, avec une maille

entomologique. Chaque mois l'ordre des itinéraires a été inversé pour que l'heure d'échantillonnage d'un même point ne soit pas toujours la même.



<u>Carte 2</u> : Points d'échantillonnage.

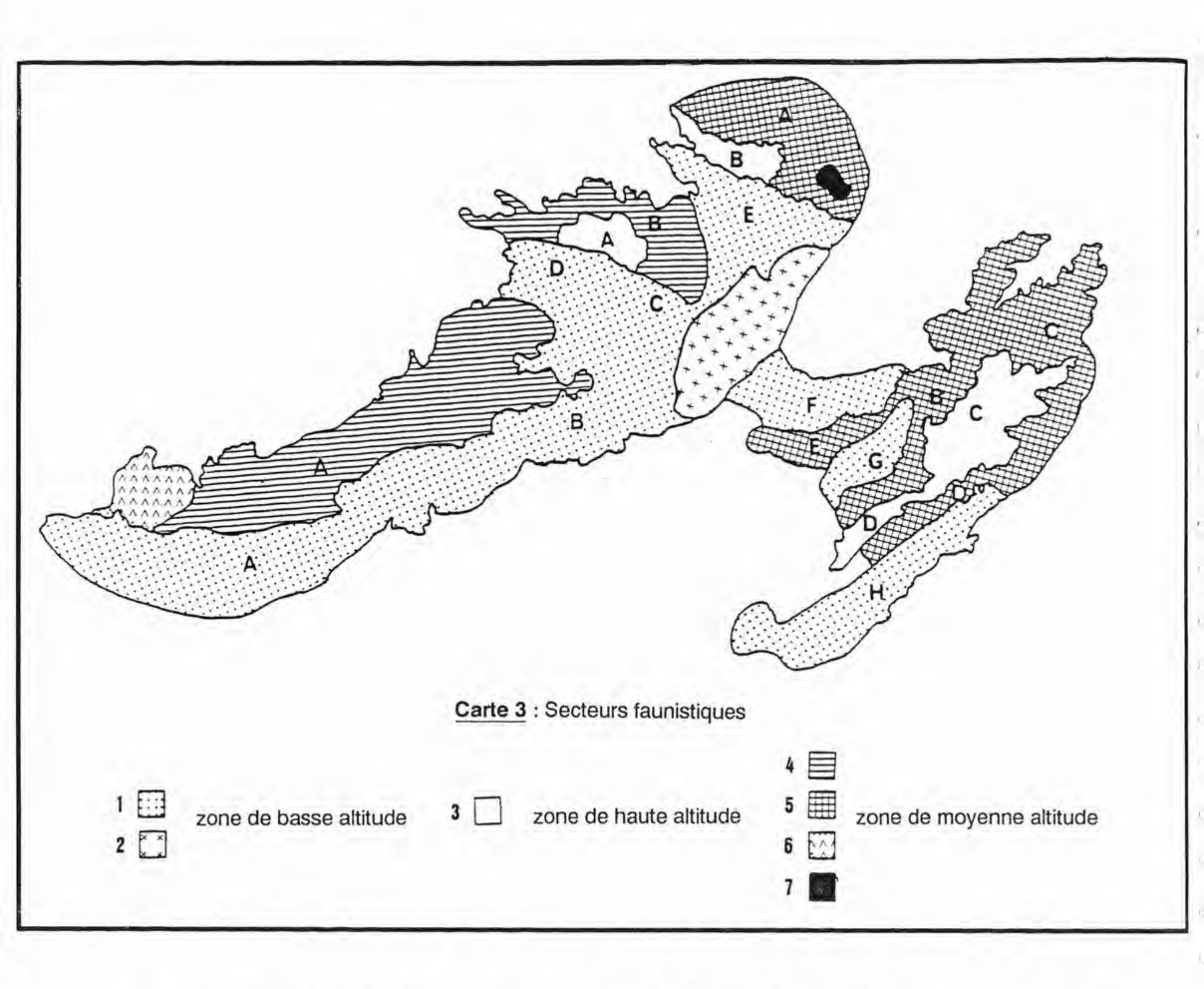
Pour l'évaluation des affinités entre les stations et l'élaboration de secteurs faunistiques, plusieurs techniques peuvent être suivies. Nous avons employé la méthode qui consiste au calcul direct de la ressemblance des espèces entre les stations prises 2 à 2, en prenant le coefficient de "corrélation de point" correspondant à celui de BREVAIS-PEARSON, modifié du fait de ne tenir compte que du critère de présence/absence des espèces. Cette méthode a été largement traitée par DAGET (1979).

C) RESULTATS.

125 espèces ont été prises en tout, et elles figurent dans le tableau final ; elles ont été déterminées par un des auteurs (MARCOS-GARCÍA).

Les analyses d'affinité faunistique pour la communauté des syrphides menées dans la zone étudiée, reflètent l'existence de secteurs (carte 3) constitués par des stations d'échantillonnage rattachées les unes aux autres et différentiées du reste.

Nous trouvons une série de stations avec des affinités nettes qui se situent dans des vallées protégées et dans les zones au sud des "sierras", auxquelles il faut ajouter les vallées des rivières Alagón et Jerte. Toutes ces stations ont pour caractéristique de se trouver dans des zones tempérées de basse altitude. Elles se



Carte 3 : Secteurs faunistiques

localisent toutes dans ce que nous avons appelé "zones de basse altitude". En employant les descripteurs du milieu tels que la végétation, le degré d'ouverture, l'altitude, etc... on peut délimiter une série de secteurs (1A, 1B...) ayant des affinités entre eux bien qu'ils soient physiquement écartés. Le secteur 2 correspondant au bassin de l'Alagon est à remarquer, car bien qu'il soit rattaché aux secteurs 1, il doit être considéré comme indépendant. Nous voyons ici un premier cas où l'analyse de la faune d'un groupe d'invertébrés, nous permet de séparer dans une zone plus ou moins homogène, un secteur différent. Si nous analysons les caractéristiques de la vallée de l'Alagon, nous trouvons, effectivement, que ses températures, sa pluviosité, son orographie et sa végétation sont un peu particulières. Il s'agit d'une vallée tempérée, assez encaissée avec des zones de transition de chênaie et de chênes verts, et en général avec de fortes pentes.

Un autre groupe de stations rattachées entre elles par la composition de la faune des syrphides, sont celles qui se trouvent dans les secteurs 3 (A, B, C). Dans ce cas il s'agit de hautes zones de montagne, ayant des altitudes supérieures à 1600 m.

L'affinité dans la faune de ce groupe d'insectes est due, probablement, au fait qu'elles sont toutes des surfaces ouvertes sans végétation arborescente, avec uniquement des taches de végétation arbustive de papilionacées et soumises à des vents forts.

La zone de chênaie que nous avons appelée "zones de moyenne altitude" est apparemment assez homogène tout au long de la région étudiée. Cependant, l'étude des affinités syrphidofaunistiques entre les stations nous montre qu'il existe une série de ressemblances et de différences. On trouve que les forêts de chêne (Quercus pyrenaica Will.) de la moitié orientale (secteur 4 et 6) sont différentes. Les stations situées dans la "Sierra de Tamames" (à l'exception d'une petite surface, la n°7) et celles situées dans la partie orientale (Sierra de Bejar) et ses chaînons sont très rattachées entre elles, de sorte qu'on peut délimiter une série de secteurs par l'altitude, la végétation, le degré d'ouverture, etc...

D'autre part, les stations situées dans la partie centrale et occidentale (Sierra de Gata et Sierra de Francia), bien qu'elles soient apparemment peu différentiées de celles situées dans d'autres sierras, sont clairement rattachées entre elles et différentiées de celles du secteur oriental par l'étude de la composition syrphidofaunistique. On peut aussi établir des secteurs en employant les stations affines et les descripteurs habituels du milieu (végétation, altitude, orographie, espaces ouverts ou fermé, etc...). Si nous analysons les données obtenues pour les chênaies dans l'étude des syrphides, nous trouvons qu'elles correspondent, en grande partie à celles obtenues dans d'autres études ayant employé des méthodes diverses. En ce qui concerne la composition des plantes des chênaies, elle varie de la moitié occidentale à l'orientale (RICO-HERNANDEZ, comm. per.). Des études d'autres groupes d'animaux tels que les araignées ont été réalisées (URONES-JAMBRINA, 1984) lesquelles montrent par l'application des techniques multivariantes, qu'il y a aussi des différences dans la composition de la faune des araignées entre ces deux régions de chênaies. De même, PEREZ-MELLADO (1983) trouve aussi des différences dans l'analyse de l'herpétofaune de cette région.

Finalement il reste à signaler la présence de deux noyaux isolés, non clairement rattachables à aucun secteur faunistique. Ils sont localisés dans la zone de chênaie mais ils se distinguent du reste des secteurs.

- Le premier correspond à des stations situées dans la partie la plus occidentale de la région étudiée. On peut y délimiter un secteur faunistique (secteur 6) puisqu'il correspond à la zone de plus forte pluviosité et de plus basse température. De plus, par les études botaniques de la zone, on connait l'existence de plantes de distribution typiquement eurosibérienne qui n'apparaissent pas dans d'autres points des "sierras" (Erica tetralix L., Erythronium denscanis L., Peucedanum lancifolium Lange, etc...).

– Le deuxième noyau est constitué par les stations situées dans la "Sierra de Tamames". En étudiant le milieu, on observe qu'elles se trouvent localisées dans une forêt très particulière située sur des basements calcaires. La végétation qu'on y trouve n'apparaît pas dans d'autres zones de la région étudiée où elle y est beaucoup plus abondante. Tel est le cas de Ilex aquifolium L., Corylus avellana L., Aconitum napellus L., Actaea spicata L., Atropa belladona L., Lilium martago L., Paris quadrifolia L., etc... Quelques unes d'entre elles sont typiques des forêts de hêtres du nord de la Péninsule Ibérique, et indiqueraient qu'il y aurait pu exister une hêtraie. Actuellement, la forêt est majoritairement constituée par Castanea sativa L. En employant alors la végétation, le degré d'ouverture et l'altitude nous pouvons délimiter un autre secteur syrphidofaunistique (secteur 7).

D) DISCUSSION.

Nous voyons, grâce aux données précédemment exposées, que cette étude rend possible l'établissement d'une série de zones (secteurs) bien différentiées dans la région étudiée. Il est important de signaler que dans des zones apparemment assez homogènes comme les chênaies (zone de moyenne altitude) ou dans les zones d'une plus forte influence méditerranéenne (zone de basse altitude) on distingue pourtant des secteurs différents.

En même temps nous trouvons que du point de vue du groupe étudié, les zones des sommets sont similaires bien que l'altitude varie entre 1 600 et 2 400 m. Cela doit nous servir de base pour sélectionner un espace naturel à protéger en tenant compte dès lors d'autres facteurs tels que la diversité, l'étendue de la zone, la rareté des taxa animales et végétales, etc... Mais par l'étude des invertébrés nous aurons démontré fondamentalement, l'existence de zones différentiées là où apparemment il n'y existait pas de telles différences.

Comme conclusion finale il faut donc signaler la grande importance que peuvent avoir les invertébrés dans la sélection des espaces à protéger. Nous croyons, cependant, que les plantes comme les animaux ne devraient pas être considérés de façon isolée à l'heure d'établir la possible préservation d'un espace naturel, la seule chose qui justifierait cette méthode serait l'établissement d'authentiques réserves d'animaux ou de plantes basées sur la rareté ou la richesse de groupes déterminés y existants.

RELATION DES ESPECES DE SYRPHIDES ETUDIEES ET POURCENTAGES DE LEUR PRESENCE DANS LES DIVERSES LOCALITES :

8.97 % Callicera aenea (Fabricius,1781)
1.28 % Callicera rufa Schummel,1841
3.84 % Callicera spinolae Rondani,1844
1.28 % Ceriana conopsoides (Linnaeus,1758)
6.41 % Ceriana vespiformis (Latreille,1809)
1.28 % Chamaesyrphus lusitanicus Mik,1898
5.12 % Cheilosia albitarsis (Meigen,1822)
1.28 % Cheilosia frontalis Loew,1857
6.41 % Cheilosia gigantea (Zetterstedt,1843)
1.28 % Cheilosia intonsa Loew,1857
29.48 % Cheilosia paralobi Malski,1961
2.56 % Cheilosia mutabilis (Fallén,1817)
1.28 % Cheilosia praecox Zetterstedt,1843
5.12 % Cheilosia scutellata (Fallén,1817)
2.56 % Cheilosia variabilis (Panzer,1798)
1.28 % Cheilosia vernalis (Fallén,1817)
3.84 % Cheilosia zetterstedti Becker,1894
16.66 % Chrysogaster basalis Loew,1857
6.41 % Chrysogaster hirtella Loew,1843
3.84 % Chrysogaster solstitialis (Fallén,1817)
8.97 % Chrysotoxum arcuatum (Linnaeus,1758)
16.66 % Chrysotoxum bicinctum (Linnaeus,1758)
1.28 % Chrysotoxum cautum (Harris,1776)
1.28 % Chrysotoxum elegans Loew,1841
38.46 % Chrysotoxum intermedium Meigen,1822
24.35 % Chrysotoxum latifasciatum Becker,1921
3.84 % Chrysotoxum octomaculatum Curt,1838
21.79 % Chrysotoxum vernale Loew,1841
10.25 % Dasysyrphus albostriatus (Fallén,1817)
1.28 % Dasysyrphus lunulatus (Meigen,1822)
2.56 % Epistrophe nitidicollis (Meigen,1822)
7.69 % Epistrophe ochrostoma (Zetterstedt,1849)
11.53 % Episyrphus auricollis (Meigen,1822)
43.58 % Episyrphus balteatus (De Geer,1776)
66.66 % Metasyrphus corollae (Fabricius,1794)
1.28 % Metasyrphus flaviceps (Rondani,1857)
3.84 % Metasyrphus latifasciatus (Macquart,1827)
7.69 % Metasyrphus lucasi Marcos & Laska,1983
28.20 % Metasyrphus luniger (Meigen,1822)
1.28 % Microdon devius (Linnaeus,1758)
1.28 % Microdon mutabilis (Linnaeus,1758)
6.41 % Milesia crobroniformis (Fabricius,1775)
30.76 % Myatropa florea (Linnaeus,1758)
21.79 % Neoascia podagrica (Fabricius,1775)
14.10 % Orthoneura frontalis Loew,1843
7.69 % Orthoneura nobilis (Fallén,1817)
1.28 % Orthoneura longicornis (Loew,1843)
1.28 % Paragus albifrons (Fallén,1817)
12.82 % Paragus bicolor (Fabricius,1794)
19.25 % Paragus majoranae Rondani,1857
5.12 % Paragus quadrifasciatus Meigen,1822
5.12 % Paragus strigatus Meigen,1822
29.48 % Paragus haemorrhous Meigen,1822
47.43 % Paragus tibialis (Fallén,1817)
1.28 % Parhelophilus versicolor (Fabricius,1794)
2.56 % Pelecocera tricincta Meigen,1822
1.28 % Pipiza festiva Meigen,1822
3.84 % Pipizella annulata Macquart,1827
2.56 % Pipizella viduata (Linnaeus,1758)
3.84 % Pipizella virens (Fabricius,1805)
1.28 % Pipizella zeneggensis Goeld et Tief.,1974
1.28 % Platycheirus ambiguus (Fallén,1817)
6.41 % Platycheirus cyaneus (Müller,1764)
11.53 % Platycheirus scutatus (Meigen,1822)
3.84 % Pyrophaena rosarum Fabricius,1787
6.41 % Scaeva albomaculata (Macquart,1842)
19.23 % Scaeva pyrastri (Linnaeus,1758)
1.28 % Scaeva mecogramma (Bigot,1860)
3.84 % Scaeva selenitica (Meigen,1822)
1.28 % Sericomyia hispanica Peris,1962
8.97 % Sphaerophoria rueppellii (Wiedeman,1830)
96.15 % Sphaerophoria scripta (Linnaeus,1758)
5.12 % Eristalinus sepulchralis (Linnaeus,1758)
58.97 % Eristalis arbustorum (Linnaeus,1758)
16.66 % Eristalis horticola (De Geer,1776)
1.28 % Eristalis interrupta (Poda,1761)
6.41 % Eristalis pertinax (Scopoli,1763)
52.56 % Eristalis pratorum Meigen,1822
19.25 % Eristalodes taeniops (Wiedemann,1818)
89.74 % Eristalomyia tenax (Linnaeus,1758)

3.84 % Eumerus amoneus Loew,1848

6.41 % Eumerus barbarus (Coqueberg,1804)

2.56 % Eumerus flavitarsis Zetterstedt,1843

1.28 % Eumerus pulchellus Loew,1848

5.12 % Eumerus pusillus Loew,1848

6.41 % Eumerus sabulonum (Fallén,1817)

1.28 % Eumerus sogdianus Stackelberg,1952

2.56 % Eumerus strigatus (Fallén,1817)

3.84 % Eumerus sulcitibius Rondani,1857

1.28 % Eumerus tuberculatus Rondani,1857

3.84 % Ferdinandea aurea (Rondani,1844)

1.28 % Ferdinandea cuprea (Scopoli,1763)

3.84 % Ferdinandea nigrifrons (Egger,1860)

1.28 % Helophilus pendulus (Linnaeus,1758)

5.12 % Helophilus trivittatus (Fabricius,1805)

2.56 % Heringia heringi Zetterstedt,1859

6.41 % Lathyrophthalmus aeneus (Scopoli,1763)

2.56 % Lathyrophthalmus quinquelineatus (Fabricius,1781)

7.69 % Lejogaster metallina (Fabricius,1777)

1.28 % Mallota cimbiciformis (Fallén,1817)

66.66 % Melanostoma mellinum (Linnaeus,1758)

35.89 % Melanostoma scalare Fabricius,1794

17.94 % Merodon aeneus Meigen,1822

1.28 % Merodon albifrons Meigen,1822

17.94 % Merodon avidus (Rossi,1790)

2.56 % Merodon cinereus (Fabricius,1794)

1.28 % Merodon clavipes (Fabricius,1781)

2.56 % Merodon equestris (Fabricius,1794)

1.28 % Merodon funestus (Fabricius,1794)

12.82 % Merodon escorialensis Strobl,1909

1.28 % Sphegina limbipennis Strobl,1909

5.12 % Spilomyia digitata Rondani,1865

65.38 % Syritta pipiens (Linnaeus,1758)

21.78 % Syrphus ribesii (Linnaeus,1758)

20.51 % Syrphus vitripennis Meigen,1822

2.56 % Volucella bombylans (Linnaeus,1758)

51.28 % Volucella elegans Loew,1852

3.84 % Volucella inanis (Linnaeus,1758)

2.56 % Volucella pellucens (Linnaeus,1758)

3.84 % Volucella zonaria (Poda,1761)

14.10 % Xanthandrus comtus (Harris,1776)

8.97 % Xanthogramma marginale (Loew,1854)

21.79 % Xanthogramma pedissequum (Harris,1782)

2.56 % Xylota segnis (Linnaeus,1758)

2.56 % Xylota sylvarum (Linnaeus,1758)

BIBLIOGRAPHIE.

BLONDEL (J.), 1979. – *Biogéographie et Ecologie*. Masson, Paris : 173 p.

CLEMENTS (R.O.), 1982. – Sampling and extraction techniques for collecting invertebrates from grasslands. *Entomologist's Monthly Magazine*, 118 : 133–142.

DAGET (J.), 1979. – *Les modèles mathématiques en Ecologie*. Masson, Paris : 172 p.

DISNEY (R.H.L.), ERZINCLIOGLU (Y.Z.), HENSHAW (D.J.), HOWSE (D.), UNWIN (D.M.), WITHERS (P.) et WOODS (A.), 1982. – Collecting methods and adequacy of attempted fauna surveys, with reference to the Diptera. *Field Studies*, 5 : 607–621.

GOODMAN (D.), 1975. – The theory of diversity–stability relationships in ecology. *Quarterly Review on Biology*, 50 : 265–273.

HELIWELL (D.R.), 1982. – Assessment of conservation values of large and small organisms. *Journal of Environmental Management*, 17 : 179–184.

MARCOS-GARCIA (Mª.A.), 1984. – *Los Syrphidae (Diptera) de las sierras occidentales del Sistema Central español*. Ediciones de la Universidad de Salamanca : 32 p.

MARCOS-GARCIA (Mª.A.), 1985 a. – Sirfidofauna de la sierras de Béjar, La Alberca y Gata. Subfamilia Syrphinae (Syrphidae, Diptera). *Salamanca Revista Provincial de Estudios*, 16–17 : 389–419.

MARCOS-GARCIA (Mª.A.), 1985 b. – Los Syrphidae (Dip.) de las sierras occidentales del Sistema Central español. Subfamilias Eristalinae, Lampetiinae, Microdontinae, Milesiinae y Cerianinae. *Boletin Asoc. esp. Entom.*, 9 : 187–210.

MARCOS-GARCIA (Mª.A.), 1986. – Los Syrphidae (Diptera) de las sierras occidentales del Sistema Central español : Subfamilias Chrysotoxinae, Spheginінae, Chilosiinae, Pelecocerinae, Volucellinae y Cinxiinae. *Boletin Asoc. esp. Entom.*, 10 : 159–180.

MARCOS-GARCIA (Mª.A.), 1987. – Distribución geográfica de los Syrphidae (Diptera) en relación con tres factores ecológicos. *Studia Oecologica*, VI : 279–295.

MARGULES (C.R.), 1984. – Conservation evaluation in practice : II. Enclosed grassland in the Yorkshire Dales, Great Britain. *Journal of Environmental Management*, 18 : 169–183.

MARGULES (C.R.) and USHER (M.B.), 1981. – Criteria used in assessing wildlife conservation potential : a review. *Biological Conservation*, 21 : 79–109.

MARGULES (C.R.) and USHER (M.B.), 1984. – Conservation evaluation in practice : I Sites of different habitats in north-east Yokshire, Great Britain. *Journal of Environmental Mangement*, 18 : 153–168.

PEREZ-MELLADO (V.), 1983. – La herpetofauna de Salamanca : un análisis biogeográfico y ecológico. *Salamanca Revista Provincial de Estudios*, 9–10 : 9–79.

RAFE (R.W.), 1983. – *Species–area Relationships in Conservation*. D. Phil. Thesis, University of York.

SOUTHWOOD (T.R.E.), 1978 a. – The components of diversity. In : *Diversity in Insect Faunas*, Ed. MOUND (L.A.) and WALOFF (N.), Blackwell Scientific Publishers, Oxford : 19–40.

SOUTHWOOD (T.R.E.), 1978 b. – *Ecological Methods*. Chapman and Hall, London : 524 p.

URONES-JAMBRINA (C.), 1984. – *Estudio faunístico-ecológico de los Clubionoidea y Thomisoidea (Araneae) en el Centro–Oeste del Sistema Central*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca : 331 p.

USHER (M.B.), 1973. – *Biological Management and Conservation*. Chapman and Hall, London : 394 p.

USHER (M.B.), 1986. – *Wildlife Conservation Evaluation*. Chapman and Hall, London : 394 p.

WARD (S.D) and LAKHANI (K.H.), 1977. – The conservation of junipers : the fauna of food plants islands in southern England. *Journal of Applied Ecology*, 14 : 121–135.

WEBB (N.R.), 1982. – The diversity of invertebrates on fragmented heathland in Dorset. In : *Annual Report (1981) Institute of Terrestrial Ecology* : 11–13.

YAPP (W.B.), 1979. – Specific diversity in woodland birds. *Field Studies*, 5 : 45–58.



APPLICATIONS SCIENTIFIQUES ET STATISTIQUES DE LA BANQUE DE DONNEES "LUXNAT".

Marc MEYER

Centre de Recherche Scientifique du
Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg
Marché-aux-Poissons
L-2345 LUXEMBOURG

I. LA BANQUE DE DONNEES INFORMATISEE SUR LE PATRIMOINE NATUREL LUXEMBOURGEOIS (LUXNAT).

Depuis plus de 5 ans le Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg a développé une banque de données biogéographiques qui réunit toutes les informations disponibles sur l'environnement naturel luxembourgeois.

Après une première étape pendant laquelle la banque de données fonctionnait selon un programme assez rigide, l'évolution des systèmes utilisés par le Centre Informatique de l'Etat (CIE) qui assure la gestion de la banque de données permet désormais la création d'une banque de données relationnelle qui est très souple d'emploi et extrêmement efficace en ce qui concerne les recherches dans le fichier.

Les données collectées dans LUXNAT concernent toutes les espèces animales et végétales (LUXNAT- SPECIES), les écosystèmes et biotopes (LUXNAT-BIOTOPES) ainsi que les sites naturo-culturels (LUXNAT-SITES).

LUXNAT constitue ainsi l'unique banque de données biogéographiques connue qui a pour but l'intégration de l'ensemble des informations sur les espèces animales et végétales dans l'inventaire des biotopes/écosystèmes sur le niveau national. En outre, LUXNAT est applicable à tout projet analogue supranational.

Actuellement (fin 1987) la partie SPECIES est développée au point de permettre des analyses statistiques concernant les flore et faune des différentes régions luxembourgeoises ainsi que des cartes de répartition de certains groupes d'animaux. Etant donné le manque de personnel disponible la saisie de la multitude de données collectées n'avance que lentement.

Les données codées concernent pratiquement tous les groupes zoologiques, des Bryozoaires jusqu'aux Mammifères ainsi que les plantes vasculaires.

Sous peu, les informations collectionnées par les différents spécialistes sur d'autres organismes, tels que les champignons, lichens, mousses, batraciens et reptiles, oiseaux, seront saisies et augmenteront sensiblement le nombre des taxons dont l'information est largement actualisée.

La flexibilité énorme de LUXNAT-SPECIES permet l'adaptation des données codées aux détails spéciaux de chaque groupe d'espèces.

II. STRUCTURE DE LUXNAT.

A partir de 1988 la banque de données LUXNAT est basée sur les logiciels ISPF, ISQL, resp. REXX-SQL, qui ont mis à notre disposition par le CIE dans le système VM/CMS.

LUXNAT-SPECIES comprend des fichiers de données et des tables de référence. En fait, tous les fichiers sont des tables reliées entre elles par des codes numériques.

Les données élémentaires sont codées dans quatre fichiers fondamentaux :

OBSERV : Données générales de la fiche d'observation, par exemple : date, coordonnées et code du lieu d'observation, auteur, déterminateur, code fiche source.

OBSLOC : Relié à OBSERV par le code du lieu d'observation ; contient des informations sur le lieu, comme les coordonnées géographiques (altitudes, topographie et structure, fonctions, types d'écosystèmes, codes localité, lieu dit). Ce dernier code assure le lieu direct envers les tables des lieu-dits luxembourgeois, gérés par le CEPS à Walferdange.

OBSESP : Relié à OBSERV par le code fiche. Contient les codes des espèces observées et le code espèce-fiche. Ces codes des espèces assurent le lien direct envers les tables taxonomiques des organismes vivants.

"TAXONS" : Fichier spécifique adapté aux besoins d'information des différents groupes d'espèces. Relié à OBSESP par le code espèce-fiche. Contient en général les détails concernant l'abondance des individus observés ainsi que, chez les animaux, leur stade : oeufs, pontes, larves chrysalides, juvéniles, adultes (mâles, femelles), etc...

Les tables taxonomiques ont été développées par le Musée d'Histoire Naturelle à partir de littérature spécialisée. Elles sont également en forme relationnelle et permettent ainsi l'adaptation aisée de tout changement en matière de systématique ou nomenclature des organismes.

Le développement futur réside dans la digitalisation des lieux d'observation et des biotopes, et la représentation spatiale des informations à l'aide du plotter récemment acquis par le Musée.

III. APPLICATIONS POSSIBLES.

La surface réduite du Grand-Duché de Luxembourg permet la création d'un système d'information géographique national basé sur les biotopes, donc les plus petites unités écologiques spatiales. Il faut distinguer deux niveaux d'informations :
a) Les données résultant de recherches individuelles, non standardisées et irrégulières.
b) Les données résultant de recherches systématiques, standardisées, et régulières, par exemple : cartographies, bio-monitorings, recensements quantitatifs.

Il est évident qu'à l'avenir il s'agit d'augmenter l'envergure des recherches du type b) pour permettre une connaissance actualisée de l'état de l'environnement naturel. LUXNAT est d'ailleurs applicable à toutes les données européennes.

A) TYPES DE REPARTITION.

Très peu d'espèces atteignent leur limite d'aire de répartition sur le territoire luxembourgeois. Cependant les "patterns" de la distribution à l'intérieur de notre pays, et encore au niveau régional, présentent assez souvent des informations révélatrices quant aux exigences écologiques de ces espèces. LUXNAT assure en outre une production facile et rapide d'atlas biogéographiques.

B) PHENOLOGIE.

L'analyse statistique des données peut fournir des tables ou graphiques montrant l'apparition saisonnière des espèces. Le logiciel disponible est le SPSS-X.

C) ANALYSES DE CORRELATION.

Toutes sortes de procédures SPSS-X rendent possible des analyses multifactorielles, des analyses "clusters" et autres analyses de corrélation.

Le grand nombre d'informations détaillées relevées lors des observations augmente considérablement le champ d'action dans ce domaine.

D) PROTECTION DE LA NATURE.

Des coefficients adéquats définissant le degré de menace pour chaque espèce permettent la détection d'espaces à grande valeur écologique.

L'analyse précise des données pourrait rendre possible une approche scientifique en vue d'une structure paysagère optimale en vue de la conservation de notre patrimoine naturel.

Tout programme d'extension de l'agriculture pourrait profiter des procédures rapides et efficaces permettant l'évaluation des mesures réalisées.

L'ordinateur peut donner une première idée pour la composition de listes rouges des espèces menacées. L'évolution des populations observées peut être représentée.

E) FLORE ET FAUNE.

Les recensements systématiques de la flore et de la faune peuvent être traités et représentés sous forme de tableaux ou même de graphiques.

F) CARTOGRAPHIES DES BIOTOPES.

Dès que la digitalisation des données spatiales sera possible, la cartographie des biotopes ainsi que les analyses biogéographiques relatives pourront être entrepris à un rythme accéléré.

Les applications pourraient se baser sur des programmes actuellement fonctionnels en R.F.A. et en France.

G) ANALYSES D'ECOSYSTEMES.

Les nouvelles méthodes de télédétection par satellite pourront apporter une aide efficace pour la reconnaissance et la surveillance des écosystèmes.

H) AMENAGEMENTS DU TERRITOIRE.

Dans le cadre de plans verts et d'études d'impact, les informations en provenance de LUXNAT permettent une synthèse adéquate des données biogéographiques disponibles pour la région concernée. La mise à disposition de ces données synthétiques sera évidemment liée à un apport financier des demandeurs.

I) STATISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT.

Les besoins en information sur l'environnement naturel augmentent constamment et il devient urgent de trouver des analyses statistiques représentatives comme il en exixste pour les statistiques socio-économiques. L'écologie souffre

beaucoup du manque d'information standardisée permettant une évaluation aisée et juste de l'état du patrimoine naturel.

J) PROJET C.E. SUR L'ENVIRONNEMENT : CORINE.

Le projet CORINE prévoit entre autre une liste standard des biotopes naturels à grande valeur écologique ainsi qu'une analyse du paysage par télédétection.

Dans les deux cas, LUXNAT est capable de fournir les informations de base nécessaires.

K) CARTOGRAPHIES INTERNATIONALES.

Etant donné que les informations traitées dans le cadre de LUXNAT sont compatibles avec les systèmes de recensement étrangers, il est facile de fournir les données demandées pour des projets internationaux.

L) COOPERATION REGIONALE.

LUXNAT, la banque de données du Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg est le fondement pour une contribution luxembourgeoise à des projets supranationaux dans le domaine du contrôle permanent de l'environnement naturel.

IV. EXEMPLE D'UNE APPLICATION DE LUXNAT-SPECIES.

ETABLISSEMENT D'UNE "LISTE ROUGE" DES BIOTOPES LUXEMBOURGEOIS POUR LES ASSOCIATIONS DE RHOPALOCERES.

Les informations centralisées dans la banque de données biogéographiques LUXNAT-SPECIES devraient permettre l'interprétation de calculs statistiques à l'aide des logiciels disponibles au Centre Informatique de l'Etat luxembourgeois.

Nous avons choisi pour cette première expérience les nombreuses données concernant les Rhopalocères (Lepidoptera, Papilionoidea) provenant des activités faunistiques des collaborateurs actifs du Groupe de Travail Entomologique du Musée d'Histoire Naturelle du Luxembourg.

A) PREPARATION DES DONNEES.

La sélection des données concernant les observations de Rhopalocères à partir de 1970 (période 1970–1987) a produit plus de 8 500 signalements dans 381 carrés UTM de 1 Km^2.

Pour permettre une analyse statistique nous avons transformé cette liste "brute" en une liste d'espèces signalées par biotope. Cette liste contenant encore 3 706 lignes définissant la faune rhopalocérique pour chaque unité spatiale.

B) LES INDICES DEFINISSANT LA VALEUR ECOLOGIQUE DES BIOTOPES.

Récemment KUDRNA (1986) a établit deux indices permettant l'appréciation de l'importance écologique d'un biotope inventorié. Ces indices s'appliquent à la faune européenne des Papilionoidea et rendent possible une analyse de notre faune nationale.

a) La disposition biogéographique.

Ce premier index se compose de trois facteurs :

1. La grandeur de l'aire de répartition.

Valeurs :

1. Espèces répandues dans toute l'Europe
2. Espèces répandues dans la majeur partie de l'Europe (par exemple : bassin méditerranéen jusqu'au Danemark)
3. Espèces répandues dans une moyenne partie de l'Europe (par exemple : sud–est)
4. Espèces confirmées à une petite partie de l'Europe (par exemple : péninsule ibérique)
5. Espèces endémiques dans une région très réduite (par exemple : région tyrrhénienne).

2. Continuité des colonies.

En plus de l'étendue géographique de l'aire de répartition la distribution des colonies/populations à l'intérieur de l'aire spécifique joue un rôle important pour les mesures de protection de la nature.

Valeurs :

1. Répartition continue dans toute l'aire
2. Répartition principalement continue
3. Colonies principalement isolées, sauf dans les centres de répartition

4. Colonies à répartition discontinue
5. Colonies isolées et peu nombreuses

3. Affinité de l'aire de répartition.

Du point de vue de la conservation du patrimoine génétique européen (but poursuivi par exemple par le Conseil de l'Europe) il est primordial de prendre en considération l'aire totale de la répartition de l'espèce.

Le même critère devrait être appliqué dans les mesures nationales concernant la protection des espèces.

Valeurs :

1. Espèces extra-européennes
2. Espèces à répartition supracontinentale équivalente
3. Espèces à répartition concentrée sur l'Europe
4. Espèces endémique européenne

L'index chorologique sensu KUDRNA (1986) est l'addition arithmétique des trois facteurs précités.

Des valeurs nulles pour les espèces "neutres" manquent en ce qui concerne l'application de l'index chorologique à des associations rhopalocèriques. Ce fait provoque une corrélation très stricte entre l'index et le nombre d'espèces. Nous reviendrons plus tard à ce problème. (fig. 1)

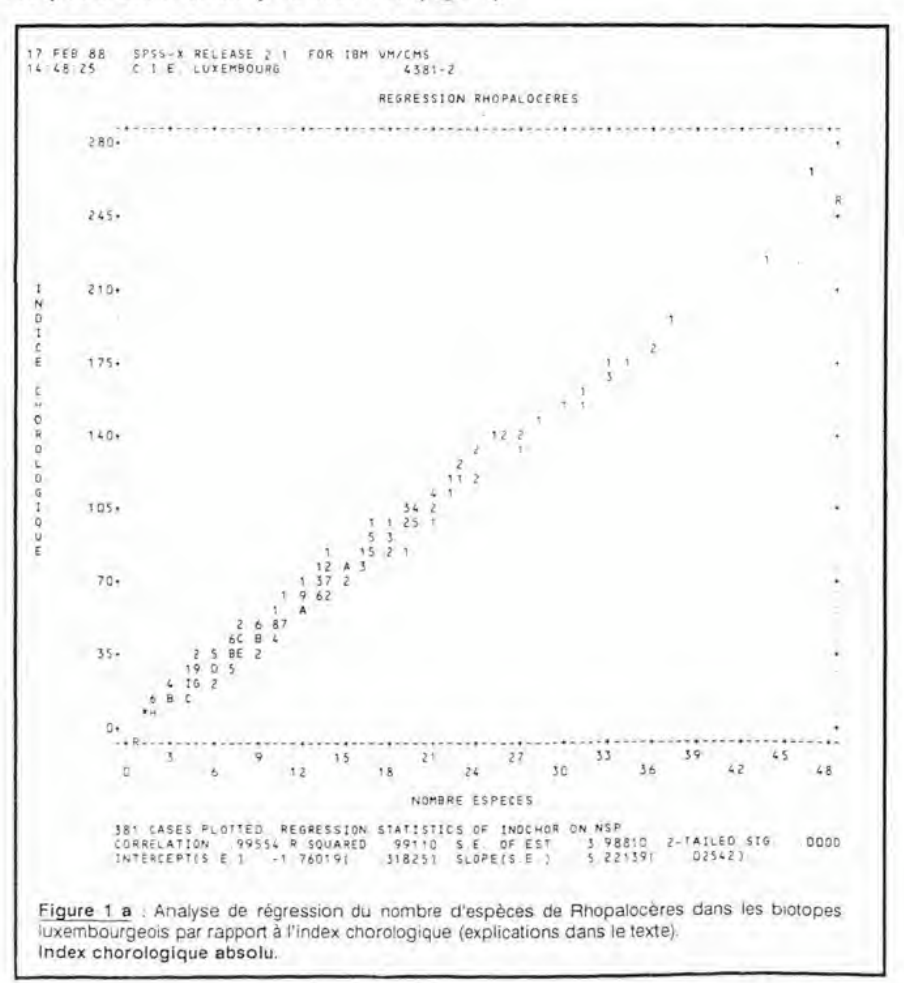


Figure 1 a : Analyse de régression du nombre d'espèces de Rhopalocères dans les biotopes luxembourgeois par rapport à l'index chorologique (explications dans le texte).
Index chorologique absolu.

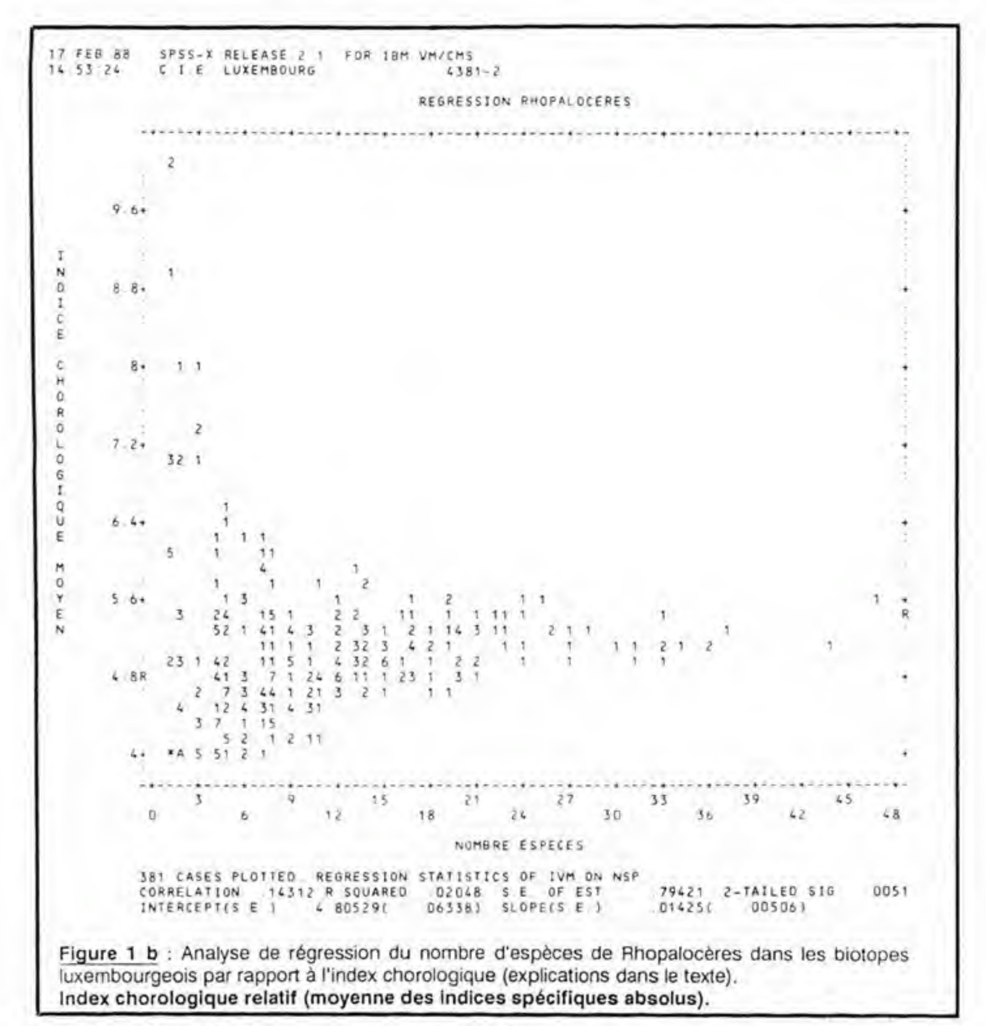


Figure 1 b : Analyse de régression du nombre d'espèces de Rhopalocères dans les biotopes luxembourgeois par rapport à l'index chorologique (explications dans le texte).
Index chorologique relatif (moyenne des indices spécifiques absolus).

b) Le degré de menace européen.

A coté de l'index chorologique, KUDRNA (1986) a formulé un index de vulnérabilité qui reste incomplet et subjectif à cause des nombreuses lacunes de connaissances existant actuellement. Il se compose des trois facteurs suivants :

1. Déclin observé réellement.

Valeurs:

1. Espèce menacée
2. Espèce très menacée

2. Vulnérabilité de l'habitat.

La destruction des habitats constitue le facteur principal du déclin des populations de Rhopalocères.

Valeurs :

1. Habitat menacé
2. Habitat très menacé

3. Vulnérabilité de l'espèce.

L'effet des collectionneurs est très relatif et peu probable. Il reste quelque peu significatif pour des espèces très localisées et particulièrement "attractives".

Valeurs :

1. Espèce menacée par les collectionneurs
2. Espèce très menacée par les collectionneurs

L'addition arithmétique des trois facteurs donne l'index de vulnérabilité. Ici, les espèces non menacées ont des valeurs nulles et une analyse ne montre aucune relation entre le nombre total d'espèces dans un biotope et le degré de vulnérabilité des espèces présentes (fig. 2).

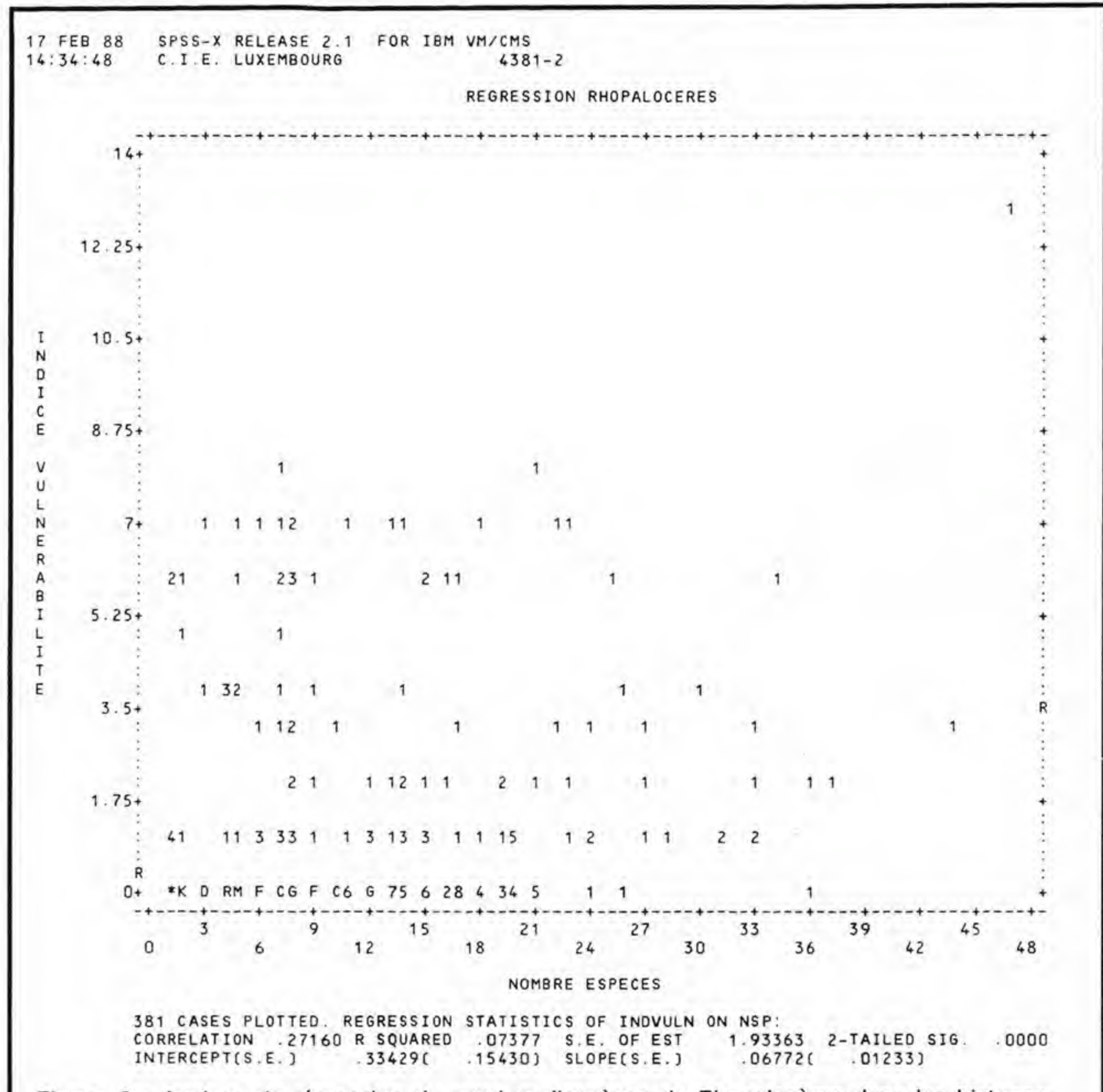


Figure 2 : Analyse de régression du nombre d'espèces de Rhopalocères dans les biotopes luxembourgeois par rapport à l'index de vulnérabilité (explications dans le texte).

c) Le degré de menace national.

La liste rouge des Rhopalocères (MEYER & PELLES, 1982) pour le Grand-Duché de Luxembourg donne un aperçu assez précis de la menace locale qui pèse sur

les populations rhopalocériques indigènes. Nous avons donc établit un index supplémentaire, basé sur les degrés définis dans la liste rouge :

1. Valeurs :
   2. Espèce menacée potentiellement
   4. Espèce menacée
   6. Espèce très menacée
   8. Espèce menacée d'extinction
   (10. Espèce éteinte)

La dernière valeur (10) ne peut pas apparaître dans le cas présent, puisque les données antérieures à 1970 ne sont pas considérées (critère général pour la catégorie 'éteint' : pas de signalement depuis 1960). Le graphique de la figure 3 montre un 'nuage' de cas pour les biotopes où le nombre d'espèces signalées est petit. Ceci est certainement dû au fait que les informations disponibles ne proviennent pas de recensements standardisés et que certaines espèces rares sont signalées sans tenir compte des espèces 'banales' qui se trouvent dans le même biotope. Les valeurs des degrés de menace sont alors exagérées. Pour éviter cela nous avons sélectionné pour les commentaires des biotopes dont le nombre d'espèce est >= 10.

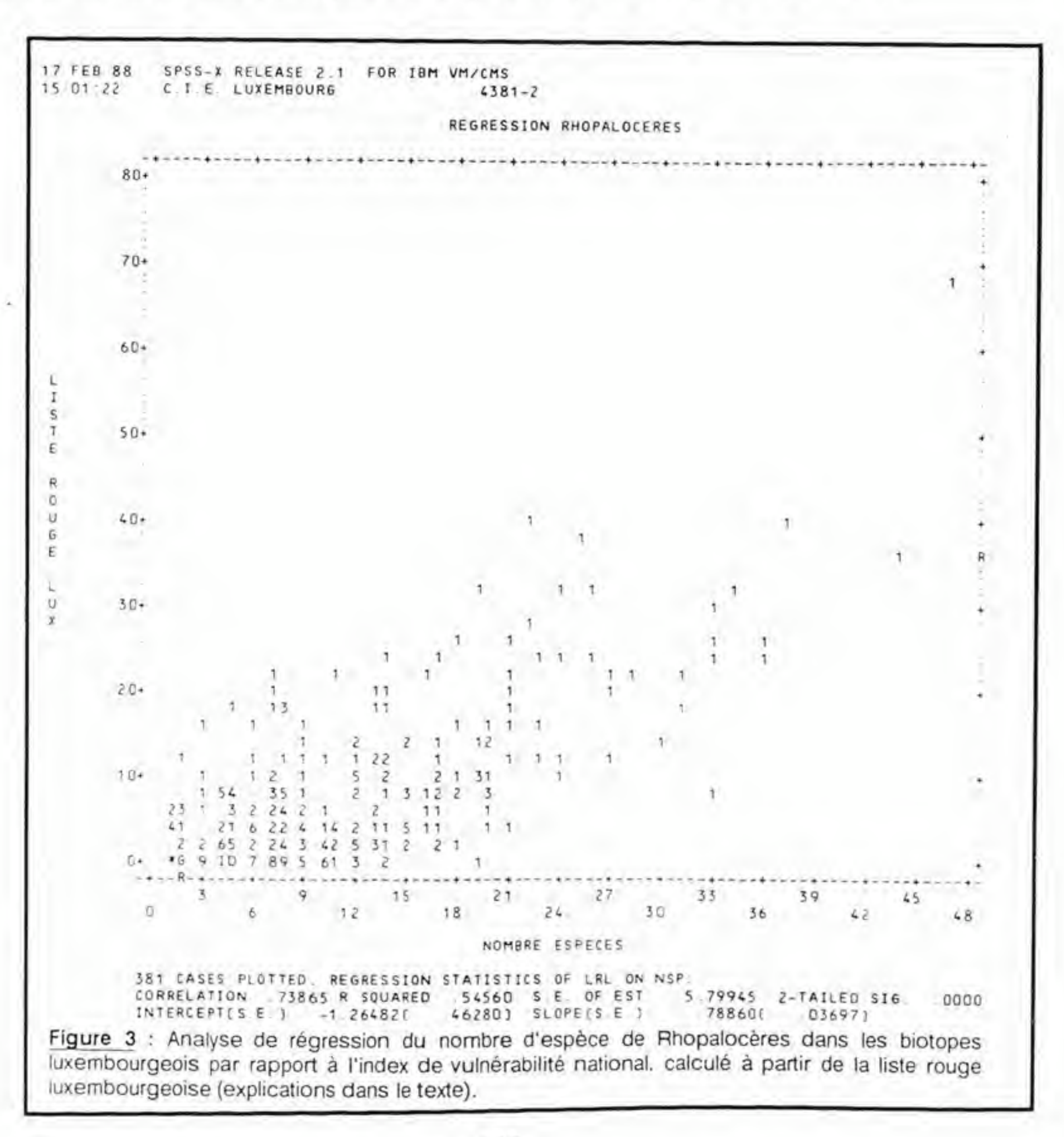


Figure 3 : Analyse de régression du nombre d'espèce de Rhopalocères dans les biotopes luxembourgeois par rapport à l'index de vulnérabilité national. calculé à partir de la liste rouge luxembourgeoise (explications dans le texte).

Il est intéressant de comparer les degrés de vulnérabilité "européen" et "national", surtout sous l'aspect des mesures européennes qui ne peuvent pas assurer la sauvegarde de l'ensemble des espèces constituant le patrimoine naturel régional ou local. Le graphique de la figure 4 montre le résultat de cette analyse.

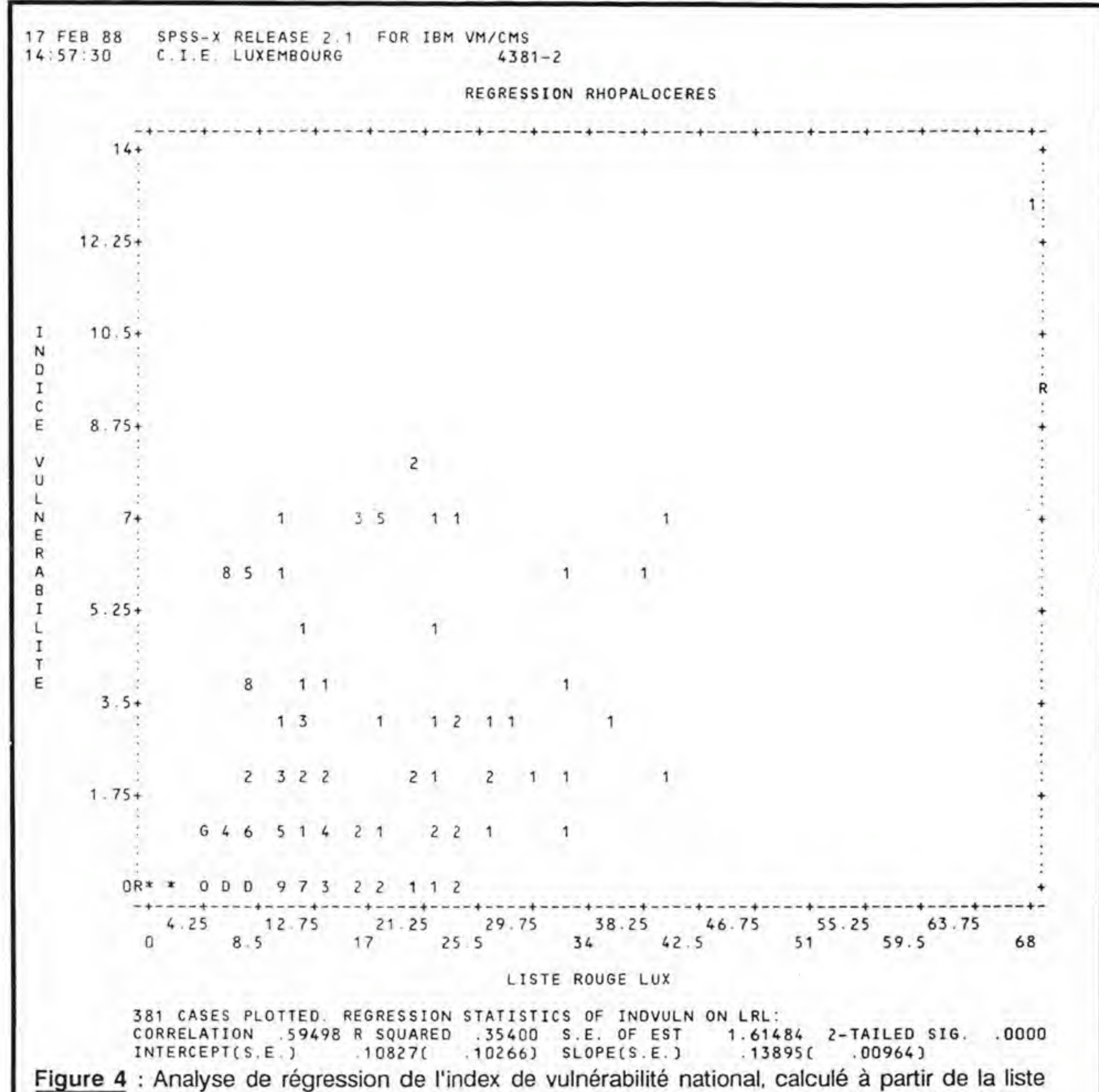


Figure 4 : Analyse de régression de l'index de vulnérabilité national, calculé à partir de la liste rouge luxembourgeoise des Rhopalocères par rapport à l'index de vulnérabilité européen (sensu KUDRNA, 1986) (explications dans le texte).

2. Résultats.

Le nombre d'espèces de Rhopalocères pour chaque biotope luxembourgeois varie de 1 à 47.

La figure 1 montre la corrélation très stricte entre le nombre d'espèces et l'index chorologique absolu (addition des indices spécifiques). Ceci s'explique partiellement par l'absence de valeurs "nulles" pour des espèces "neutres" (cf. a), mais

aussi par la pauvreté de notre faune en espèces endémiques ou réparties de façon très discontinue.

L'index chorologique relatif des biotopes varie de 4,10 à 5,85 pour les associations à >= les espèces signalées. Ceci démontre encore une fois la rareté de biotope luxembourgeois hébergeant des espèces à répartition réduite. (index chorologique >= 10).

Si l'on fait le relevé des biotopes pour lesquels l'index chorologique relatif est des plus haut, on constate que les types suivants sont représentés :

- pelouses sèches 58,8%
- zones humides, prairies 35,3%
- forêts à feuillus 5,9%

Parmi ces biotopes, 26,5% sont des anciennes carrières et mines, donc des habitats anthropogènes secondaires à végétation pionnière imitant des biotopes oligotrophes. Ces habitats deviennent très important après la destruction presque totale des biotopes naturels de ce genre.

La figure 2 démontre qu'il n'y a aucune relation entre le nombre d'espèces et l'index de vulnérabilité. En fait, parmi les INDVULN supérieures ou égaux à 6, 81,8% des biotopes n'hébergent que 2 à 16 espèces. L'analyse des biotopes est très révélatrice.

Au contraire de l'index chorologique, la distribution des types de biotopes à index de vulnérabilité élevé (INDVULN >= 2) met l'accent sur les zones humides :

- pelouses sèches 35,3%
- zones humides, prairies 52,9%
- forêts feuillus 11,8 %

Dans ce cas, 17,6% seulement correspondent à des biotopes secondaires crées par l'activité humaine.

Ce qui est plus grave : 14,7% seulement des biotopes luxembourgeois hébergeant des espèces de Rhopalocères menacées au niveau européen sont prévus pour le classement comme réserves naturelles. Aucun de ces biotopes n'est actuellement sous protection légale officielle ! Il est donc évident que la stratégie luxembourgeoise actuelle en matière de conservation de la nature ne correspond pas aux besoins réels de la sauvegarde du patrimoine biogénétique européen.

La figure 3 montre la situation sur le plan national. On remarque une légère corrélation entre le nombre d'espèce et la somme cumulative des valeurs "liste rouge".

La variation des indices de vulnérabilité luxembourgeois diminue avec le nombre d'espèces signalées pour chaque biotope.

Sauf quelques rares exceptions, toutes les valeurs LRL supérieures à 20 ont été trouvées dans les biotopes hébergeant au moins 14 espèces. L'analyse de ces biotopes donne la distribution suivante selon les catégories écologiques :

- pelouses sèches 52,9%
- zones humides, prairies 29,4%
- forêts à feuillus 17,7%

De nouveau les biotopes xérothermiques contiennent le plus d'espèces menacées sur le plan national. Ici encore 20,6% des biotopes seulement attendent un classement comme réserve naturelle. Il est donc primordial de faire une révision complète des biotopes choisis comme terrains protégés.

3. Conclusion.

Il paraît important d'attirer l'attention sur le fait que les biotopes anthropogènes ou agricoles peuvent jouer un rôle important du point de vue de la conservation du patrimoine naturel.

En fait, ces types de biotopes hébergent actuellement plus d'espèces de Rhopalocères menacés sur le plan national que les biotopes "naturels".

D'un autre côté les espèces les plus menacées au niveau européen se concentrent dans les biotopes constituant des reliques "pré-anthropiques", par exemple les clairières humides liées aux forêts alluviales, biotopes souvent transformés en prés fauchés ou en pâturages.

Les zones humides et leurs alentours hébergent des espèces comme L. dispar, L. helle, P. eunomia, M. diamina, Rhopalocères hautement menacés au niveau européen et appartenant à l'ancienne faune indigène. Un programme de sauvegarde prioritaire devrait démarrer immédiatement en classant tous ces biotopes à très grande valeur écologique en réserve naturelle et en effectuant les aménagements nécessaires dans des lieux adéquats pour la création de biotopes secondaires. Le deuxième point est indispensable pour une espèce comme L. dispar qui préfère souvent des biotopes anthropogènes comme des surfaces résultant d'une coupe à blanc sur des terrains forestiers humides. Or, ironiquement la loi grand-ducale pour la protection de la nature du 11 août 1982 interdit la conservation de ce type de biotope, puisque toute surface coupée à blanc doit obligatoirement être reboisée dans un délai très court. Cette loi luxembourgeoise est manifestement en contradiction avec la Convention de Berne (ratifiée par le Grand-Duché de Luxembourg) qui protège désormais tous les biotopes de Lycaena dispar ! Affaire à suivre.

Les espèces des pelouses sèches sont menacées au niveau national, mais puisqu'il s'agit surtout d'espèces méditerranéennes immigrées dans nos régions avec le développement des activités agricoles, leur statut européen n'est souvent pas (encore) critique.

Dans ce cas, la politique de conservation de la nature devra décider des buts principaux des mesures à envisager :

a) Conservation intégrale du patrimoine naturel national

b) Conservation du patrimoine biogénétique continental.

Une petite nation comme le Grand-Duché de Luxembourg est inefficace pour le point b) et doit donc obligatoirement donner la priorité au point a). La stratégie des organisations concernées par la protection de la nature devrait être orientée clairement dans ce sens.

BIBLIOGRAPHIE.

KUDRNA (O.), 1986. – Butterflies of Europe, vol. 8 : Aspects of the conservation of butterflies in Europe. *Aula Verlag.*

MEYER (M.) & PELLES (A.), 1982. – Rote Liste des Schmetterlinge Luxemburgs (Rhopalocera : 2. Fassung). *Bull. Soc. Nat. Lux.*, 83/84 (1982) : 41–52.



REPARTITION DES ESPECES DE SPHAERIIDAE EN FRANCE ET POSSIBILITES D'UTILISATION DES MOLLUSQUES POUR APPRECIER LA QUALITE BIOLOGIQUE DES SEDIMENTS DES ECOSYSTEMES DULCICOLES.

J. MOUTHON* et J.G.J. KUIPER**

*Laboratoire d'hydrobiologie du CEMAGREF
3, quai Chauveau
69336 Lyon Cedex 09
FRANCE

**Institut néerlandais
121, rue de Lille
75007 Paris
FRANCE

INTRODUCTION.

La protection et la gestion des écosystèmes dulçaquicoles passent par une connaissance détaillée des peuplements qu'ils hébergent et c'est généralement dans cette optique que les hydrobiologistes procèdent à l'inventaire faunistique d'un cours d'eau, d'un étang ou d'un lac.

Une des utilisations des observations ainsi réunies consiste à dresser des cartes de répartition des espèces à l'échelon régional, national, puis européen et mondial. C'est une synthèse des connaissances actuelles sur la distribution des Sphaeriidae de France que nous proposons ici ; une analyse de la répartition de chaque espèce ayant été publiée par ailleurs (Mouthon et Kuiper, 1987).

Cependant, le plus souvent, les prospections réalisées ont pour objet essentiel de dresser un état du milieu, d'apprécier sa qualité biologique, et de suivre son évolution : amélioration ou dégradation ; deux exemples ont été choisis pour illustrer ce propos.

I. REPARTITION DES SPHAERIIDAE EN FRANCE.

Les Sphaeriidae sont des mollusques appartenant à la classe des bivalves ou lamellibranches ou encore pélécypodes. Ils vivent exclusivement dans les eaux douces où ils colonisent les fonds sableux et vaseux des écosystèmes d'eaux courantes, lacustres et palustres mais également les milieux souterrains et interstitiels. En accord avec la nomenclature proposée par Bowden et Heppel (1968), commentée par Kuiper (1983), les vingt espèces répertoriées en France appartiennent aux genres Musculium (1 espèce), Sphaerium (3 espèces) et Pisidium (16 espèces).

A) REMARQUES GENERALES SUR LA REPARTITION DES SPHAERIIDAE DANS LES EAUX COURANTES ET LES MILIEUX LACUSTRES.

Si dans certains milieux extrêmes, sources, étangs, marécages... on ne trouve le plus souvent qu'une seule espèce généralement représentée par une abondante population, dans tous les autres écosystèmes dulcicoles en revanche, les faciès sédimentaires sont colonisés par des associations d'espèces (Boycott, 1936 ; Bischop et Hewitt, 1976 ; Kuiper, 1964, 1974b ; Mouthon, 1979, 1980, 1981a).

Les recherches entreprises sur les malacocénoses et leur évolution tout au long des systèmes d'eaux courantes ont permis de préciser la distribution longitudinale de chaque espèce en fonction des différentes zonations connues (Mouthon, 1979, 1980, 1981a).

A partir de ce shéma (fig. 1), il est possible d'apprécier :
- l'intensité du phénomène de vicariance chez les Sphaeriidae ;
- le degrè de sténotopie ou d'eurytopie relatif à un écosystème théorique des différentes espèces.

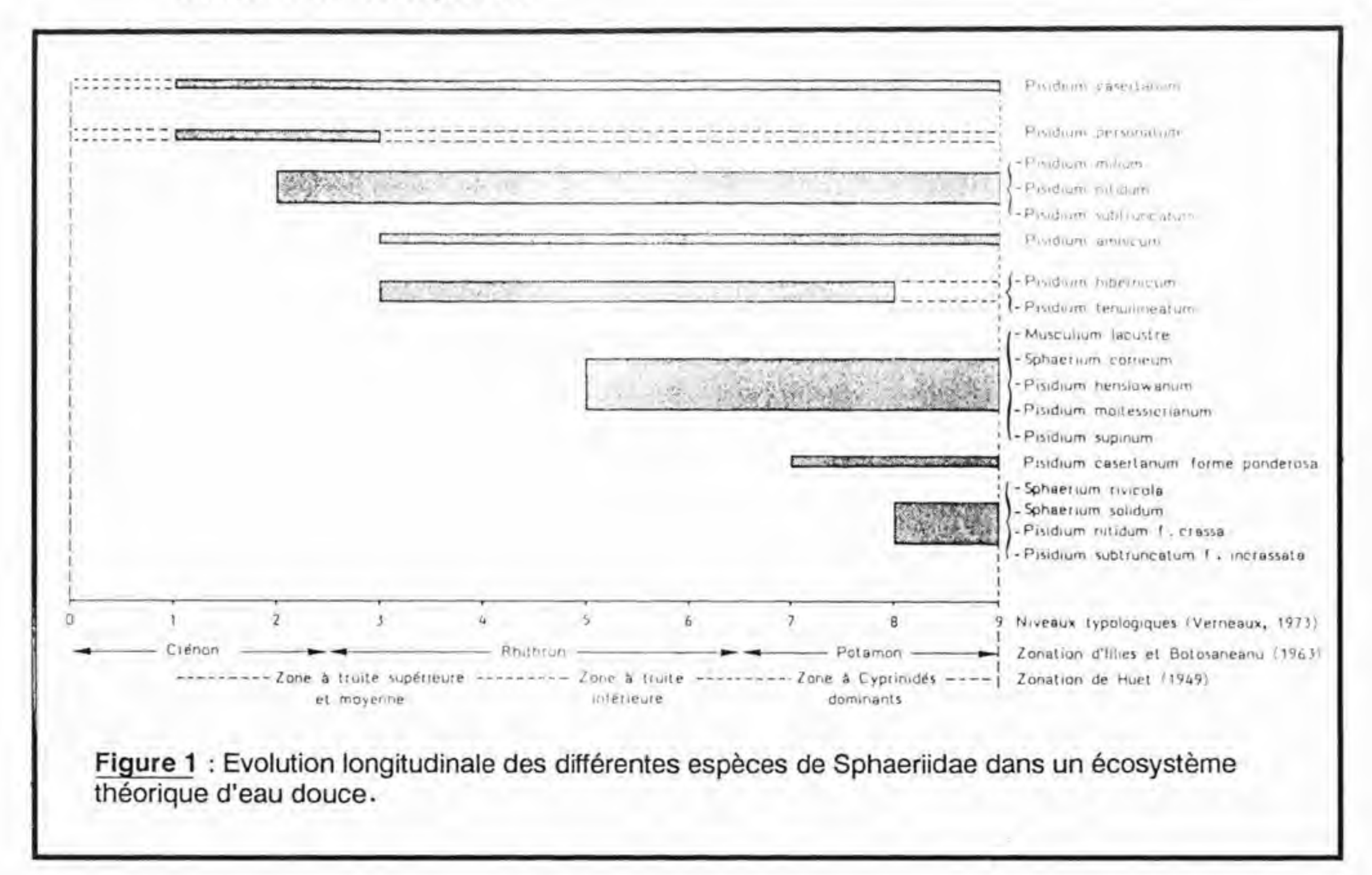


Figure 1 : Evolution longitudinale des différentes espèces de Sphaeriidae dans un écosystème théorique d'eau douce.

Ainsi, on distingue :
- des espèces sténotopes à tendance crénophile comme Pisidium personatum, ou strictement potamophiles telles que Sphaerium rivicola, S. solidum et les formes pondéreuses de Pisidium nitidum, P. casertanum et P. subtruncatum ;
- des espèces eurytopes comme P. casertanum, mais également P. subtruncatum, P. nitidum et P. milium ;
- des espèces intermédiaires que l'on trouve généralement à partir du rhithron moyen jusqu'au potamon, ce sont toutes les autres espèces de sphaeriidae.

Par ailleurs, il est intéressant de mentionner ici la présence, dans le milieu interstitiel de grands cours d'eau comme le Rhône (Roux, 1982), de nombreuses formes naines de pisidies appartenant à plusieurs espèces, telles que Pisidium milium, P. nitidum, P. subtruncatum, et P. henslowanum (Kuiper dét.).

Dans les écosystèmes lacustres la distribution des Sphaeriidae s'effectue principalement en fonction de la profondeur.

On peut distinguer :
- des espèces essentiellement littorales, c'est le cas de la plupart des Sphaeriidae : Musculium lacustre, Pisidium milium, P. hibernicum, P. henslowanum, P. lilljeborgii, P. moitessierianum et dans les grands lacs les formes pondéreuses de P. casertanum, P. nitidum et P. subtruncatum ;
- des espèces à forte amplitude bathymétrique occupant généralement les zones profondes et sublittorales : Pisidium conventus et P. personatum ;
- des espèces intermédiaires pénétrant largement dans la zone sublittorale et quelquefois même dans la zone profonde telles que : Sphaerium corneum, Pisidium amnicum, P. casertanum, P. nitidum, P. tenuilineatum et P. subtruncatum.

La connaissance de ces deux modèles de distribution générale des Sphaeriidae dans les écosystèmes lacustres et d'eaux courantes, reflets des exigences écologiques spécifiques, permet d'expliquer d'une manière satisfaisante le mode de répartition de ces organismes.

B) DONNEES ACTUELLES SUR LA REPARTITION DES SPHAERIIDAE.

L'état des connaissances actuelles sur la répartition en France des vingt espèces de Sphaeriidae recensées dans ce pays, ainsi que les altitudes et profondeurs maximales auxquelles elles ont pu être récoltées sont rassemblées dans le tableau ci-après (1).

Parmi les espèces considérées comme rares, il semble, si l'on se réfère aux gisements fossilifères Holocènes étudiés dans le Jura ; lac de Joux, lac de Neufchâtel, lac de Travers (Favre 1927; 1943), lac d'Etival (Mouthon 1983), lac de Chaillexon (Mouthon, en préparation), que Pisidium pulchellum soit moins fréquent de nos jours dans cette région.

En revanche Pisidium pseudosphaerium dont l'un des quatre sites de récoltes recensés dans notre inventaire a été détruit pour laisser passage à une dérivation canalisée du Rhône, apparaît encore bien représenté dans cette vallée puisqu'il fut récemment récolté dans plusieurs bras morts et délaissés de ce fleuve (Richardot-Coulet et al., 1987).

----

(1) pour partie Suisse, pour partie françaises le lac Léman a été considéré ici comme une entité.

Espèce	Répartition en France	Altitude maximale atteinte m.		Profondeur maximale atteinte en lacs en m.
Pisidium amnicum (Müller)	tout le pays sauf régions montagneuses et Corse.	849	(Jura)	40 (Léman, Petit Lac -Alpes)
P. casertanum (Poli)	toute la France	2 550	(Alpes)	60 (Léman, Grand Lac -Alpes)
P. conventus Clessin	lacs des régions préalpines, Vosges.	849	(Jura)	309 (Léman, Grand Lac -Alpes)
P. henslowanum (Sheppard)	tout le pays sauf régions montagneuses et Corse.	849	(Jura)	25 (Léman, Petit Lac -Alpes)
P. hibernicum Westerlund	tout le pays, absent en Corse	2 500	(Alpes)	25 (Lac St Point -Jura)
P. lilljeborgii Clessin	régions montagneuses, manque en plaine et en Corse.	2 300	(Pyrénées)	16 (Léman, Petit Lac-Alpes)
P. milium Held	tout le pays	2 307	(Pyrénées)	20 (Lac St Point -Jura)
P. moitessierianum Paladilhe	basse vallée des grands cours d'eau, absent en Corse.	348	(Jura)	22 (Lac du Bourget -Alpes)
P. nitidum Jenyns	tout le pays, absent en Corse.	2 500	(Alpes)	25 (Lac St Point -Jura)
P. obtusale (Lamarck)	tout le pays	2 200	(Pyrénées)	<1 (nombreux systèmes lacustres et palustres).
P. personatum Malm	tout le pays	2 800	(Alpes)	200 et + (Léman, Grand Lac-Alpes)
P. pseudosphaerium Schlesch	rare, plusieurs marais le long de la vallée du Rhône.	< 500		ne vit pas dans les lacs
P. pulchellum Jenyns	rare et dispersé.	1 059	(Jura)	<3 (Lac des Rousses -Jura)
P. subtruncatum Malm	tout le pays, absent en Corse.	2 300	(Pyrénées)	36 (Léman, Petit Lac -Alpes)
P. supinum Schmidt	Cours inférieur des rivières et des fleuves, absent en Corse.	415	(Jura)	en France, ne vit pas dans les lacs
P. tenuilineatum Stelfox	plus fréquent dans la moitié est du pays, absent en Corse.	1 059	(Jura)	35 (Léman, Petit Lac -Alpes)
Musculium lacustre (Müller)	tout le pays.	849	(Jura)	5 (Lac du Bourget -Alpes)
Sphaerium corneum (L.)	tout le pays, absent en Corse.	1 059	(Jura)	30 (Léman, Petit Lac -Alpes)
S. rivicola (Lamarck)	cours inférieur des grandes rivières.	< 300		en France, ne vit pas dans les lacs
S. solidum (Normand)	rare, cours inférieur des grands cours d'eau.	< 300		ne vit pas en lac.

Tableau 1 : Etat des connaissances actuelles sur la répartitions des vingt espèces de Sphaeriidae recencées en France.

En ce qui concerne les autres espèces, seul Pisidium conventus qui colonise essentiellement le fond des lacs a notablement régressé en France depuis ces dernières années, parallèlement à l'accroissement du déficit de l'oxygénation de la zone profonde de nombreux milieux lacustres tels que : Paladru, Annecy, le Bourget, le Léman (Mouthon, 1987).

Par ailleurs, on remarquera la richesse faunistique du Jura franc-comtois qui héberge dix-neuf des vingt espèces vivant en France, et la grande originalité de la répartition de ses peuplements de Sphaeriidae. En effet, au niveau de la chaîne jurassienne, neuf espèces atteignent des altitudes jusqu'alors jamais relevées en France, et trois autres vivent dans le lac St-Point jusqu'à des profondeurs encore jamais mentionnées dans les lacs français.

II. MOLLUSQUES ET QUALITE BIOLOGIQUE DES SEDIMENTS.

Certains principes généraux nécessaires à l'élaboration de méthodes d'appréciation de "l'état biologique" des sédiments des écosystèmes lacustres et d'eaux courantes, à l'aide des mollusques ont pu être établis au cours de ces dernières années (Mouthon, 1981a, 1981b, 1987). C'est l'application de ces principes dont la signification précise reste encore à définir d'une façon rationnelle qui a servi de base à l'interprétation des peuplements de mollusques récoltés sur la Dore et le Lac Léman.

A) LA DORE.

Cette rivière du Massif-Central prend sa source à 1023 m d'altitude et se jette dans l'Allier après un parcours de 139 Km. Un de ses affluents "la Durolle" reçoit les effluents de la villes de Thiers, grand centre de coutellerie.

a) Etat des peuplements malacologiques de la Dore en 1983.

La richesse spécifique le long d'un écosystème théorique d'eau courante n'est pas constante, le nombre d'espèces augmentant généralement de l'amont vers l'aval, du crénon au potamon où il atteint son maximum. De ce fait, l'interprétation de la composition d'un peuplement stationnel ne peut s'effectuer valablement qu'en fonction d'éléments de référence préalablement définis (Mouthon, 1980 et 1981). Pour ce faire, nous avons comparé la position des différentes stations de la Dore, repérées en ordonnée par leur richesse spécifique et en abscisse par leur position dans les zonations (Huet, 1949 ; Illies et Botosaneanu, 1963), ou dans la structure biotypologique proposée par Verneaux (1977), à une courbe d'évolution représentant la moitié de la diversité maximale théorique (figure 2).

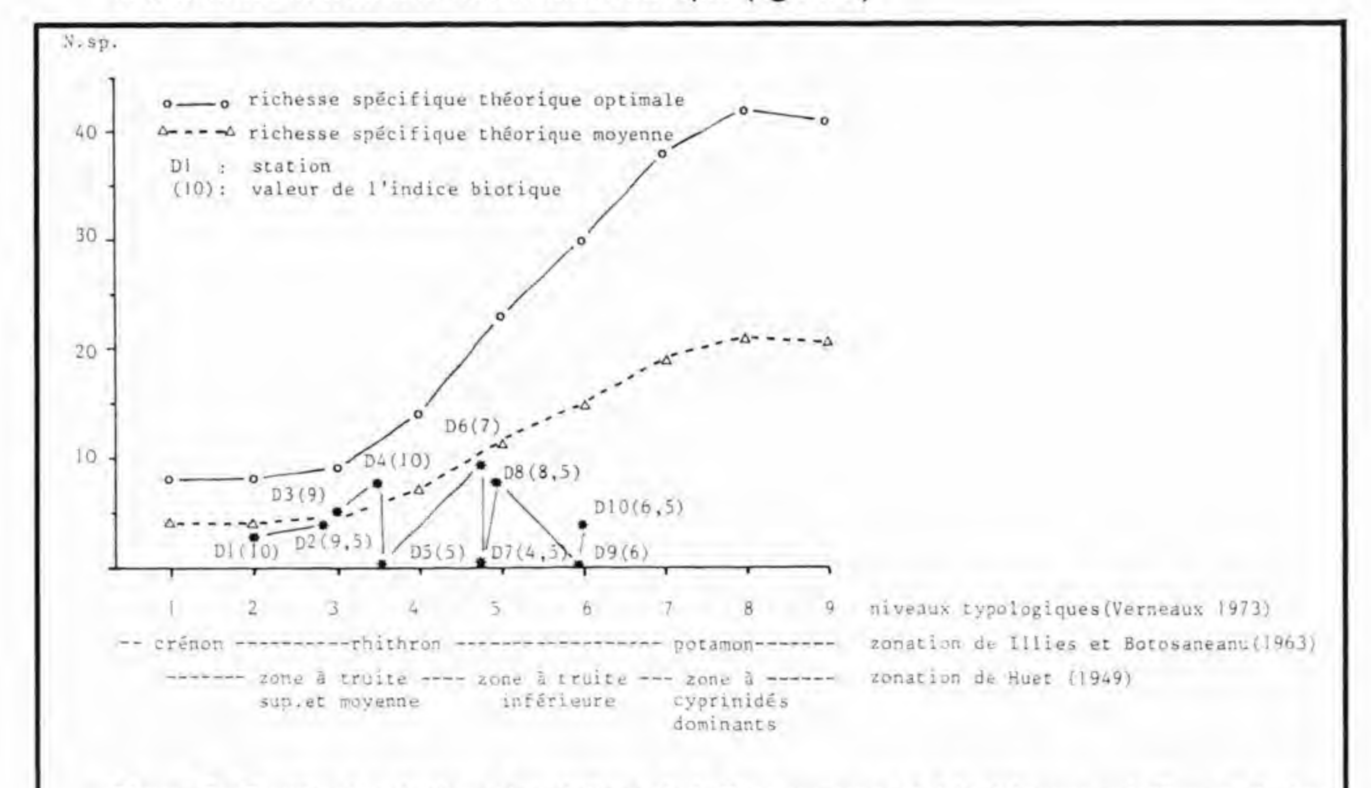


Figure 2 : Position typologique des stations de la Dore par rapport à la richesse spécifique théorique et moyenne d'un écosystème théorique d'eau courante.

- Résultats.

Dans le cours supérieur de la Dore, stations D1 à D4, la densité et le nombre d'espèces augmentent régulièrment de l'amont vers l'aval ; l'ensemble de ces stations se situant à proximité de la courbe moyenne de référence.

Après les rejets d'une usine de produits pharmaceutiques (station D5) les mollusques disparaissent totalement.

A la station D6, la composition des peuplements est à nouveau voisine de la courbe de référence. En revanche à l'aval d'une cartonnerie (station D7) la situation se dégrade à nouveau, seul Ancylus fluviatilis subsiste en abondance à l'aval du barrage.

Bien que la nature et la composition des malacocénoses récoltées à la station D8 soient voisines de celles des points D4 et D6, on constate un accroissement du déficit du nombre d'espèces par rapport à la courbe moyenne de référence, révélant une augmentation de la dégradation des malacocénoses, compte-tenu de la position typologique moins apicale de cette dernière station.

Après la confluence de la Durolle qui draine les rejets industriels de la ville de Thiers (station D9), les bivalves ont totalement disparu et dans les courants, les peuplements d'Ancylus sont vestigiaux. Au niveau du dernier point (D10), environ 20 Km en aval, on n'observe pas d'augmentation notable de la densité des peuplements et le déficit en espèces demeure très important malgré l'apparition sur ce secteur, assimilable à une fin de rhithron, d'espèces nouvelles électives des zones potamiques, telles que Pisidium henslowanum et P. supinum.

- Conclusion.

Comme l'attestent les valeurs des différents indices utilisés, indices saprobiques (Sladecek, 1973 ; Coste, 1978), indices biotiques (Tufféry et Verneaux, 1967 - cf. figure 2), indices oligochètes (Lafont, 1985), mais également les résultats des analyses physico-chimiques (sédiments, eaux) et biocénotiques réalisés dans le cadre d'une étude pluridisciplinaire de cette rivière (Rapport CETE, 1985), ces chutes de la richesse spécifique correspondent à des dégradations importantes de la qualité du milieu.

On remarque par ailleurs que les capacités autoépuratrices du cours d'eau décroissent au fur et à mesure de l'arrivée des rejets polluants, et semblent particulièrement affectées par le caractère inhibiteur des apports riches en éléments métalliques toxiques provenant de l'agglomération de Thiers.

b) Evolution des malacocénoses entre 1983 et 1986 dans le secteur de l'usine de produits pharmaceutiques.

A la suite de la mise en service d'une station de traitement des rejets de cette usine nous avons pu suivre l'évolution des peuplements sur quatre stations, une en amont et trois en aval des rejets, au cours de deux campagnes d'échantillonage (fig. 3).

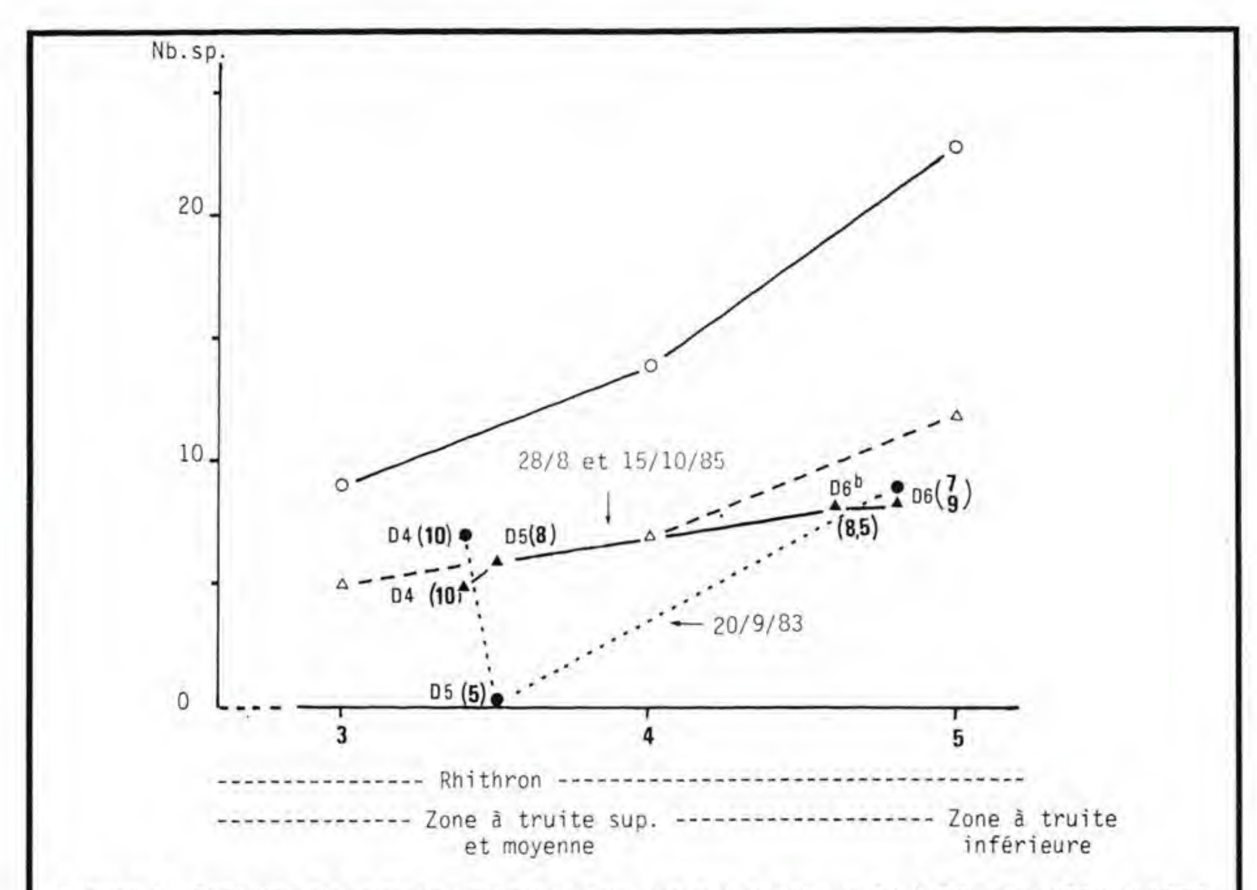


Figure 3 : Evolution des peuplements de mollusques des stations D4 à D6 entre 1983 et 1985. Position typologique des stations de la Dore par rapport à la richesse spécifique théorique et moyenne d'un écosystème théorique d'eau courante.

- Résultats

Au niveau des points extrêmes du secteur étudié (stations D4 et D6), on ne constate pas de variations significatives de leur richesse faunistique.

En revanche, on observe à la station D5 une amélioration très nette du nombre d'espèces qui passe de 0 en 1983 à 6 en 1985 plaçant cette station au niveau de la courbe théorique moyenne.

La station D6 bis qui n'avait pas été prospectée en 1983 se situe légèrement en-dessous de cette courbe moyenne, sensiblement au même niveau que la station D6.

- Conclusion

La recolonisation du milieu par les mollusques au niveau de la station D5, ainsi que les valeurs de l'indice biotique (cf. fig. 3) et de l'indice oligochètes (cf. Rapport CEMAGREF, 1987) révèlent une amélioration sensible de la qualité biologique en aval de l'usine.

B) LAC LEMAN.

a) Le Grand Lac.

C'est à la suite des recherches de Forel (1892–1904), que fut révélée l'existence de limnées et de pisidies vivant dans la zone profonde du Léman. A l'exception de ces espèces, la distribution bathymétrique des mollusques du Grand Lac n'est pas connue.

Grâce aux travaux de Juget (1958 et 1967), et au échantillons conservés par cet auteur, il a été possible d'établir que dans les années 1959 - 1960, Lymnaea peregra (Müller) et Pisidium conventus étaient encore bien représentés dans la plaine abyssale du lac Léman. Comme l'ont révélées deux campagnes d'échantillonage (novembre 1985 et mars 1986), au cours desquelles aucun mollusque vivant ni d'ailleurs aucune coquille vide ne furent récoltés, il n'en est plus de même aujourd'hui (fig. 4) (Mouthon, 1987).

Victime depuis les années 60 du déficit croissant des concentrations en oxygène dissous au niveau des fonds (Monod et al., 1984) (1), limnées et pisidies semblent avoir totalement déserté la zone centrale du Léman.

La réduction de l'amplitude bathymétrique de Lymnaea peregra apparaît beaucoup plus importante que celle de Pisidium conventus (fig. 4). En effet, aucun spécimen de ce gastéropode ne fut découvert en dessous de −170 m, alors que ce bivalve est encore présent à l'Isobathe −200 m et probablement jusqu'à −250 m, profondeur à partir de laquelle la dégradation des conditions physico-chimiques du milieu s'accentue (Monod et al., 1984).

Dans les zones profondes Lymnaea peregra apparaît donc plus sensible à la dégradation du milieu que les pisidies .

---

(1) La période la plus critique s'étalant, d'après les travaux de ces auteurs, de 1975 à 1978 pendant lesquelles la moyenne annuelle au niveau des fonds n'a pas dépassé 2,5 mg/l d'O2, en 1983 la moyenne fut de 3,93 mg/l d'O2.

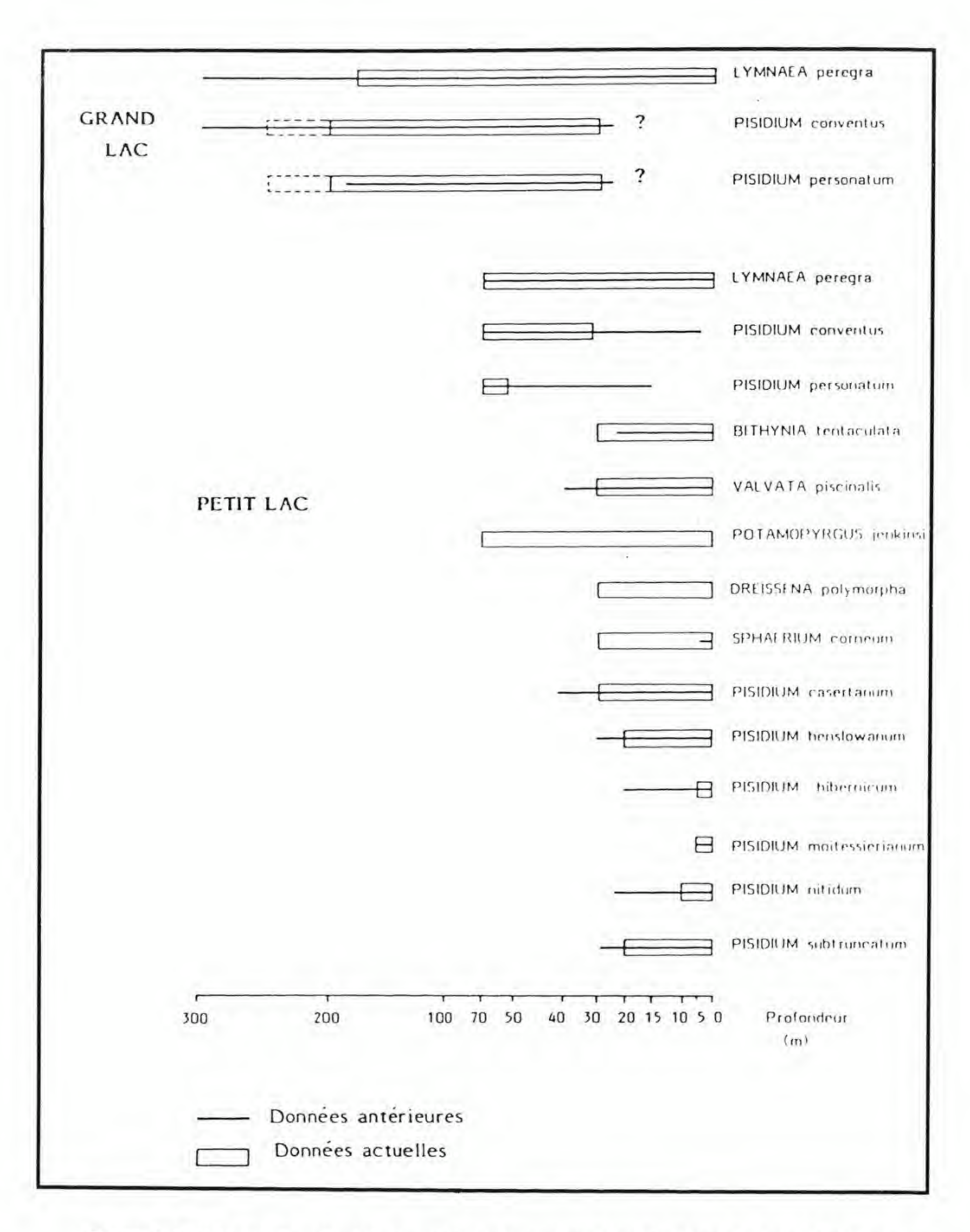


Figure 4 : Evolution de l'amplitude bathymétrique des espèces récoltées depuis les travaux de Juget (Grand Lac) et Favre (Petit Lac).

b) Le Petit Lac.

Bien que nos recherches soient essentiellement limitées au secteur de Nernier–Yvoire, nous avons cru néanmoins intéressant, afin de dégager les grandes lignes de l'évolution bathymétrique des espèces récoltées, d'effectuer une confrontation des résultats obtenus sur ce transect, aux données établies par Favre (1927) sur l'ensemble du Petit Lac.

Parmi les 14 espèces répertoriées dans ce travail :

- la moitié d'entre elles, appartenant toutes au genre Pisidium, globalement plus sensible à la pollution que les gastéropodes (Mouthon, 1981b), ont vu leur amplitude bathymétrique diminuer (fig. 4).
- Lymnaea peregra et Pisidium moitessierianum ont conservé la même répartition.
- Bithynia tentaculata (L.) et Sphaerium corneum, connus pour leur résistance à la pollution (Miegel, 1961 ; Harman et Forney, 1970 ; Mouthon, 1981b) ont notablement accentué leur amplitude bathymétrique, particulièrement en ce qui concerne cette dernière (cf. Lods–Crozet et al., 1985).
- Dreissena polymorpha Pallas qui a fait son apparition dans le Lac Léman en 1962 (Binder, 1965) et Potamopyrgus jenkinsi Smith apparu en 1977 dans le Petit Lac (Crozet et al., 1980) sont bien acclimatés puisque ces deux espèces euryèces atteignent respectivement les Isobathes de –30 m et de –70 m.
- L'oxygène dissous n'étant pas un facteur limitant dans le Petit Lac, ses eaux se réoxygénant plusieurs fois dans l'année (Monod et al., 1984), les espèces peuplant sa zone profonde, L. peregra, P. conventus et P. personatum sont encore bien représentées. Toutefois l'amplitude bathymétrique de ces deux bivalves s'est remarquablement restreinte, désertant les zones littorale et sublittorale, ils se cantonnent désormais dans la zone profonde du Petit Lac (fig. 3). En revanche la distribution bathymétrique de L. peregra demeure identique à celle définie par Favre (1927).

Les modifications du milieu ayant affecté l'amplitude bathymétrique de ces deux bivalves n'ont donc pas perturbé la distribution de ce gastéropode qui semble donc plus résistant aux dégradations des habitats littoraux et sublittoraux que les pisidies.

- Conclusion.

La confrontation des données recueillies par Favre en 1927 (Petit Lac), et par Juget au cours des années 1959 à 1963 (Grand Lac), aux résultats de récentes campagnes d'échantillonnage (Mouthon, 1987), a révélé l'existence d'une altération sensible de la qualité des vases :

- de la zone sublittorale au droit de Nernier où prolifère Dreissena polymorpha, alors que les espèces plus sensibles commes les pisidies sont absentes ou peu représentées
- de la plaine centrale du Grand Lac, désertée par les mollusques

D'une manière générale, ces conclusions confirment les résultats des travaux de Lang (1978), Lang et Lang-Döbler (1977), Crozet (1984), et Lods-Crozet et al. (1985) montrant l'évolution de la faune benthique lémanique sous l'effet d'une dégradation croissante du milieu.

CONCLUSION.

Les résultats des recherches menées par les pionniers de la limnologie constituent actuellement la seule référence fiable, les données paléontologiques demeurant peu accessibles au niveau des zones profondes, permettant de connaître l'amplitude bathymétrique optimale des mollusques en milieu lacustre.

Malgrè l'imprécision et le caractère fragmentaire des inventaires réalisés à cette époque (fin XIX ème début XX ème siècle), ils constituent un témoignage précieux pour suivre l'évolution des peuplements des écosystèmes lacustres. On peut toutefois regretter de ne disposer actuellement que de trop rares observations essentiellement qualitatives pour apprécier l'état biologique réel des cours d'eau et lacs français, et les dégradations qu'ils ont la plupart du temps subies depuis les débuts de l'ère industrielle.

Remerciements : Les auteurs remercient Monsieur Lafont (CEMAGREF Lyon) qui a bien voulu relire leur manuscrit.

AUTEURS CITES.

BINDER (E.), 1965. - Un mollusque envahissant, la Dreissena polymorpha (Léman). *Revue Musées.*, Genève, 54 : 2-4.

BISCHOP (M.J.) & HEWITT (S.J.), 1976. - Assemblages of Pisidium species from localities in eastern England. *Fresh. Biol.*, 6 : 177-182.

BOYCOTT (A.E.), 1936. - The habitats of the fresh-water Mollusca in Britain. *J. anim. Ecol.*, 5 : 116-186.

BOWDEN (J.) & HEPPEL (D.), 1968. - Revised List of British Mollusca. 2. Unionacea, Cardiacea. *J. Conch.*, London, 26 : 237-272.

COMBES (Cl.), KUIPER (J.G.J.) & STEPHANO de (Y.), 1971. – Ecologie des espèces du genre Pisidium dans les étangs du Carlit (Pyrénées). *La Terre et la Vie*, 25 : 96–131.

COSTE (M.), 1978. – *Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes. Méthodologie comparée et approche typologique*. Thése Doct. 3ème cycle, Université de Franche-Comté, 143 p.

CROZET (B.), 1984. – Evolution de la macrofaune benthique littorale du Léman de 1837 à 1983. *Revue suisse Zool.*, 91 (4) : 879–894.

CROZET (B.), PEDROLI (J.C.) & VAUCHER (C.), 1980. – Premières observations de Potamopyrgus jenkinsi (Smith) (Mollusca, Hydrobiidae) en suisse romande. *Revue suisse Zool.*, 87 (3) : 807–811.

FAVRE (J.), 1927. – Les Mollusques post-glaciaires et actuels du Bassin de Genève. *Mém. Soc. Phys. & Hist. nat. Genève*, 40 (3) : 171–434, pl. 14–27.

FAVRE (J.), 1943. – Révision des espèces de Pisidium de la Collection Bourguignat du Museum d'Histoire Naturelle de Genève. *Revue suisse Zool.*, Genève, 50 (suppl.) : 1–64.

FOREL (F.A.), 1892–1904. – *Le Léman. Monographie limnologique*. Slatkine Reprints, Genève (1969), 3 vol. : 543, 651, 715 pp.

HARMAN (W.N.) & FORNEY (J.L.), 1970. – Fifty years of change in the Molluscan fauna of Oneida Lake, New York. *Limnol. Oceanogr.*, 15 : 454–460.

HUET (M.), 1949. – Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles dans les eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11 (3–4) : 332–351.

ILLIES (J.) & BOTOSANEANU (L.), 1963. – Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. internat. Verein. Limnol.*, 12 : 1–57.

JUGET (J.), 1958. – Recherche sur la faune de fond du Léman et du Lac d'Annecy. *Stn. cent. Hydrobiol. appl.*, 7 : 9–96.

JUGET (J.), 1967. – *La faune benthique du Léman : modalités et déterminisme écologiques du peuplement*. Thèse Doct. Etat, Lyon, 360 p.

KUIPER (J.G.J.), 1964. – Sur la présence des espèces du genre Pisidium dans les eaux lacustres des Pyrénées-Orientales. *Vie et Milieu*, 15 (3) : 677–685.

KUIPER (J.G.J.), 1974. - Een pleistocene vondst van Pisidium conventus Clessin in Nederland en de huidige geographische verspreiding van deze soort in Europa. *Basteria*, 38 (1/2) : 27-40.

KUIPER (J.G.J.), 1983. - The Sphaeriidae of Australia. *Basteria*, 47 : 3 - 52.

LAFONT (M.), 1985. - *Utilisation des communautés d'oligochètes pour apprécier la qualité des sédiments aquatiques*. Symposium d'Astrakan 7 - 14 IX 1985 (URSS). Rapport de mission, Ministère de l'Environnement, Paris, 24 p.

LANG (C.), 1978. - Approche multivariable de la détection biologique et chimique des pollutions dans le lac Léman (Suisse). *Arch. Hydrobiol.*, 83 (2) : 158-178.

LANG (C.) & LANG-DOBLER (B.), 1977. - Eutrophication et pollution du littoral lémanique évaluées à partir de la composition de la faune benthique. In : *Rapport 1978*. Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution, Lausanne, 175-186.

LODS-CROZET (B.), BAUER (B.), JUGE (R.), PATTAY (D.), PERFETTA (J.) & LACHAVANNE (J.B.), 1985. - Répartition et dynamique annuelle de la macrofaune benthique en fonction de la profondeur dans le Léman (Petit Lac) : résultats préliminaires. *Arch. Sci. Genève*, 38, I : 23-35.

MIEGEL (H.), 1963. - Süsswasser Mollusken des Rheingebietes. *Gewäss. Abwäss.*, 33 : 1-75.

MONOD (R.), BLANC (P.) & CORVI (C.), 1984. - Evolution physico-chimique, 1. Oxygène dissous. 2. Les formes de l'azote. In : *Le Léman, synthèse 1957-1982*. Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution, Lausanne : 89-120.

MOUTHON (J.), 1979. - Structure malacologique de la rivière Aube. *Annls Limnol.* 15 (3) : 299-315.

MOUTHON (J.), 1980. - *Contribution à l'écologie des Mollusques des eaux courrantes. Esquisse biotypologique et données écologiques*. Thèse de 3ème cycle, Université Paris VI, 169 p.

MOUTHON (J.), 1981a. - Typologie des Mollusques des eaux courantes. Organisation biotypologique et groupements socio-écologiques. *Annls Limnol.*, 17 (2) : 143-162.

MOUTHON (J.), 1981b. - Les Mollusques et la pollution des eaux douces : ébauche d'une gamme de polluosensibilité des espèces. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 51 (2) : 250-258.

MOUTHON (J.), 1983. - Les malacocénoses de la fin du Boréal. In : l'Aurochs (Bos primigenius Boj.) d'Etival (Jura, France) et la séquence tardi- et postglaciaire sur les plateaux jurassiens. *Revue de Paléobiologie*, 2 (1) : 70-71.

MOUTHON (J.), 1987. – Contribution à la connaissance des Mollusques du Lac Léman. Intérêt de l'étude des malacocénoses pour apprécier la qualité biologique des sédiments de ce plan d'eau. *Revue suisse Zool.*, 94 (4) : 729–740.

MOUTHON (J.) & KUIPER (J.G.J.), 1987. – *Inventaire des Sphaeriidae de France.* Secrétariat de la Faune et de la Flore, Museum National d'Histoire Naturelle (ed.), Paris, 60 p.

PIAGET (J.J.), 1913. – Nouveaux dragages malacologiques dans la faune profonde du Léman. *Zool. Anz.*, 42 (5) : 216–223.

RICHARDOT-COULET (M.), CASTELLA (E.) & CASTELLA (C.), 1987. – Classification and succession of former channels of the french upper Rhône alluvial plain using Mollusca. *Regulated rivers : Research & Management*, 1 : 111–127.

ROUX (A.L.), 1982. – *Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux.* Edit. C.N.R.S. Centre région. Publ. Lyon, 116 p., 2 cartes.

SLADECEK (V.), 1973. – System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. beih. Ergebn. Limnol.*, 7 : 218 p.

TUFFERY (G.) & VERNEAUX (J.), 1967. – *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes : les indices biotiques.* Trav. CERAFER, 31 p.

VERNEAUX (J.), 1973. – *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie.* Thèse Doct. ès sci. nat. Univ. Besançon, 257 p.

Rapport CETE, 1985. – *Etude hydrobiologique et physico-chimique de la Dore de l'amont de Vertolaye jusqu'à sa confluence avec l'Allier.* Ministère de l'Environnement, ronéo., 189 p.

Rapport CEMAGREF, 1987. – *La Dore – étude hydrobiologique à l'amont et à l'aval de l'usine de Vertolaye.* ronéo, 45 p.



Source : MNHN, Paris

ACID RAIN AND FAUNISTIC STUDIES OF FRESHWATER INVERTEBRATES : SCIENTIFIC AND PRACTICAL IMPLICATIONS.

Jan OKLAND & Karen Anna OKLAND

University of Oslo, Biological Institute,
Division of Limnology, P.O. Box 1027 Blindern,
N – 0315 Oslo 3
NORWAY

ABSTRACT.

The article focuses on the pH sensitivity of benthic invertebrates in lakes and streams. In Scandinavia, field studies of several thousand lakes and streams have contributed to describe the tolerance to low pH of a number of crustaceans, molluscs and insects. Some of these species are more sensitive to acid water than fish, and such species have been used for monitoring early stages of acidification. Benthic invertebrates have also been useful in evaluating the faunistic representativity of national parks, natural reserves and other protected areas.

I. ACIDIFICATION OF LAKES AND STREAMS.

Acidification of lakes and streams has become a serious environmental problem in parts of Europe and North America (Linthurst 1984, Overrein et al. 1980, Swedish Ministry of Agriculture 1982). Acidification in fresh water is particularly linked to atmospheric depositions but may also have terrestrial origin. Water bodies with low alkalinity and low concentration of calcium are susceptible to acidification when influenced by acid rain and snow. Increasing acidity in water (that is increasing concentration of H^+ ions as measured by decreasing pH values) implies a chemical change in the aquatic environment. Many structural and functional aspects of aquatic ecosystems are then affected.

Changes in the benthic fauna due to acid rain may affect total aquatic productivity since the feeding activity of benthic invertebrates converts debris from plants and other organic material into matter palatable to fishes, waterfowl, riparian mammals and even humans. Benthic invertebrates also affect decomposition rates and contribute to the recycling of organic nutrients by their mechanical effects and consumption of organic material.

II. THE pH SENSITIVITY OF BENTHIC INVERTEBRATES IN LAKES AND STREAMS.

There are four main approaches for studying effects of acidification upon benthic invertebrates : time-trend studies ; field experiments ; laboratory experiments ; and field surveys of selected species or benthic communities in localities with different levels of acidity. Results of such approaches are reviewed by Okland and Okland (1986) and Ravera (1986).

In Norway, studies of crustaceans, snails and mussels in ca. 1000 lakes (Okland and Okland 1980) revealed a depletion of species and groups in acid water (fig. 1). Few species are found in the acidic waters. (1) The freshwater "shrimp"

Gammarus lacustris, the most important food organism for trout in Norway, is not present below pH 6.0. In lakes with pH 6.0–6.5 G.lacustris occurs only in mountain areas, while in lakes with pH ≥ 6.6 the species also occurs in lowland districts. (2) Freshwater snails (Gastropoda) are not present below pH 5.2. In lakes with pH 5.2–6.0 only a few species occur. (3) Small mussels (Sphaeriidae) are not present below pH 4.7. In lakes with pH 4.7–6.0 only a few species occur. (4) The freswater louse Asellus aquaticus is not present below pH 4.8. In lakes with pH 4.8–5.2 the species is infrequent. Selecting only those species which were widespread and also important in the diet of fish, fig. 2 presents a drastic decline in species number with decreasing pH, in accordance with other studies in Europe.

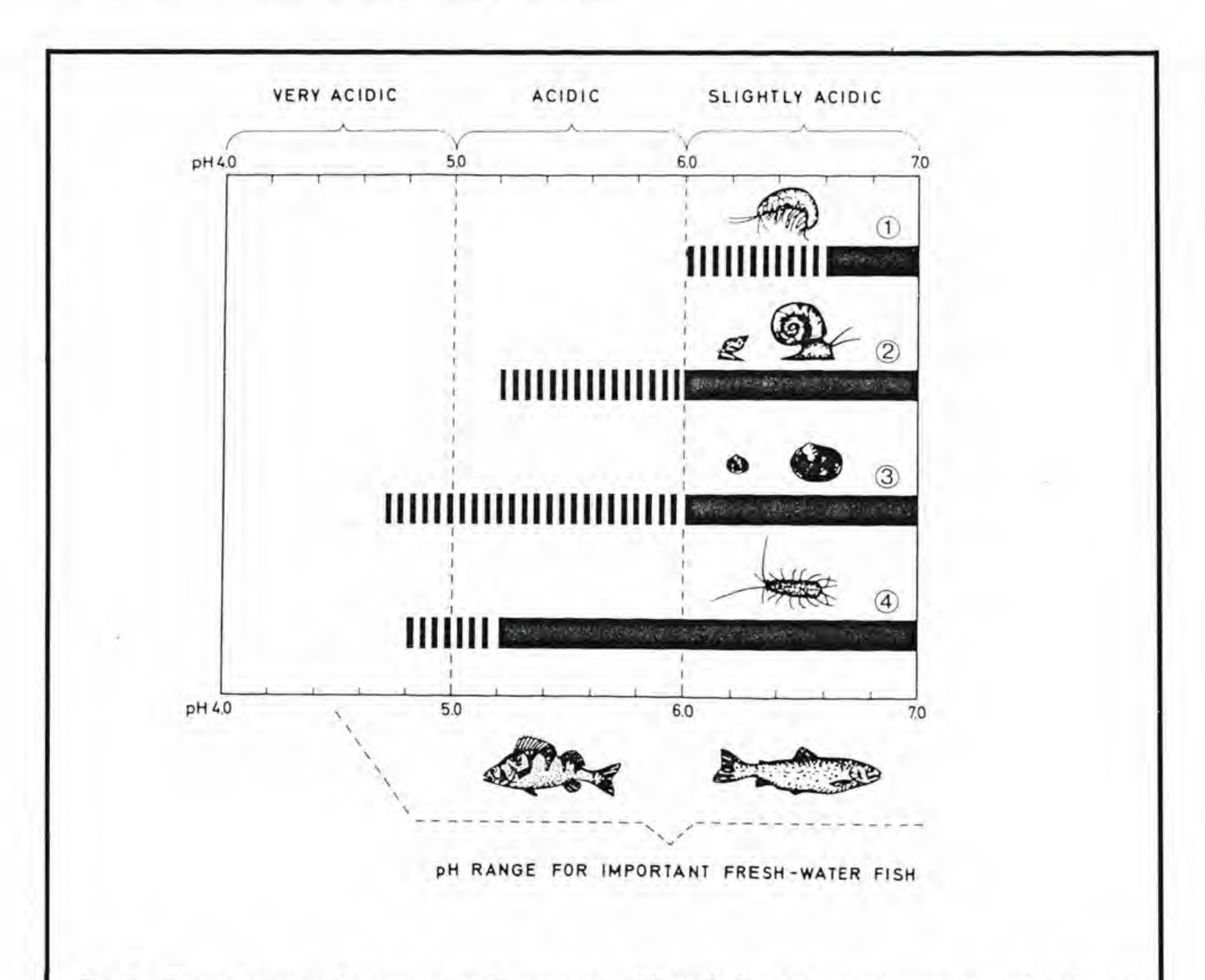


Fig. 1 : The pH range of lakes where four groups of benthic invertebrates important as fish food in Norway are found. At the bottom of the figure the pH range of freshwater fish is indicated. In the slightly acidic subrange (to the right) all groups are present. Few species penetrate into the very acidic range (to the left) Data from ca. 1000 lakes, pH representing summer values. Modified from Okland and Okland (1980).

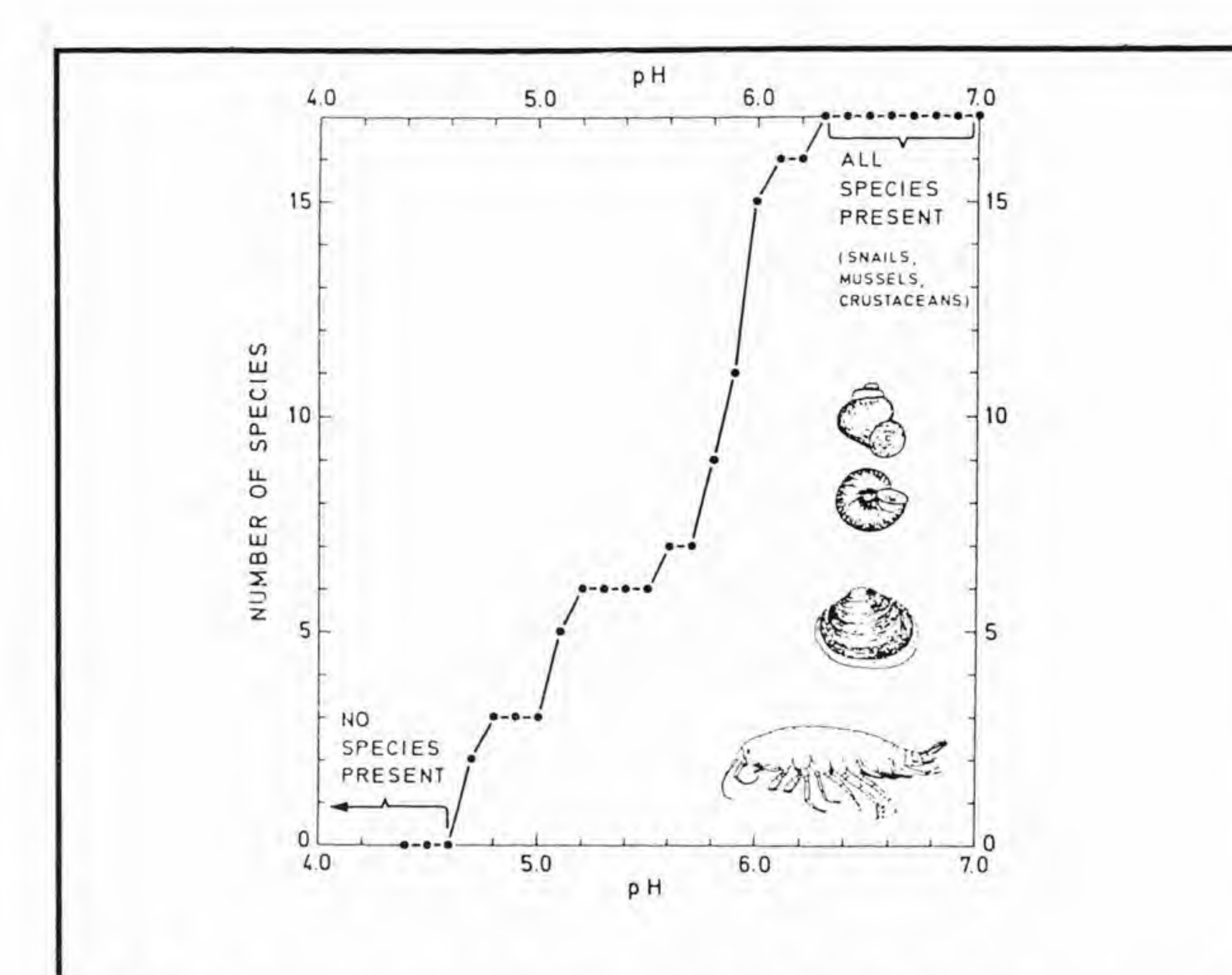


Fig. 2 : The pH tolerance limit for 17 widespread species of benthic fish-food organisms in Norway (snails, mussels, crustaceans). As conditions become more acid, a rapid drop in species number occurs about pH 6.0. None of the species occurred in lakes with pH below 4.7. Since the curve represents marginal habitats, it is an optimistic version. Same material as in the previous figure. Modified from Okland and Okland (1980).

In Sweden some species of invertebrates have disappeared in certain lakes in parallel with acidification. Studies of insect remains in sediments in such lakes show changes in the composition of the insect fauna going from deeper to more recent sediment layers. Regional time trend studies in Swedish mountain lakes have demonstrated drastic changes in the mayfly fauna (Ephemeroptera). These insects were studied in some 3500 sites in streams all over Sweden (Engblom and Lingdell 1983, 1984 a,b). The lower pH limit as observed in the field corresponded fairly well with pH sensitivity found in experiments. Some species were extremely sensitive, with a lower pH limit around 6.0, others were extremely tolerant. Including data from some 300 streams in South Sweden studied by Otto and Svensson (1983) and from 135 localities in Norway investigated by Raddum and Fjellheim (1984), fig.3 compares pH sensitivity found in field surveys and laboratory experiments for selected species.

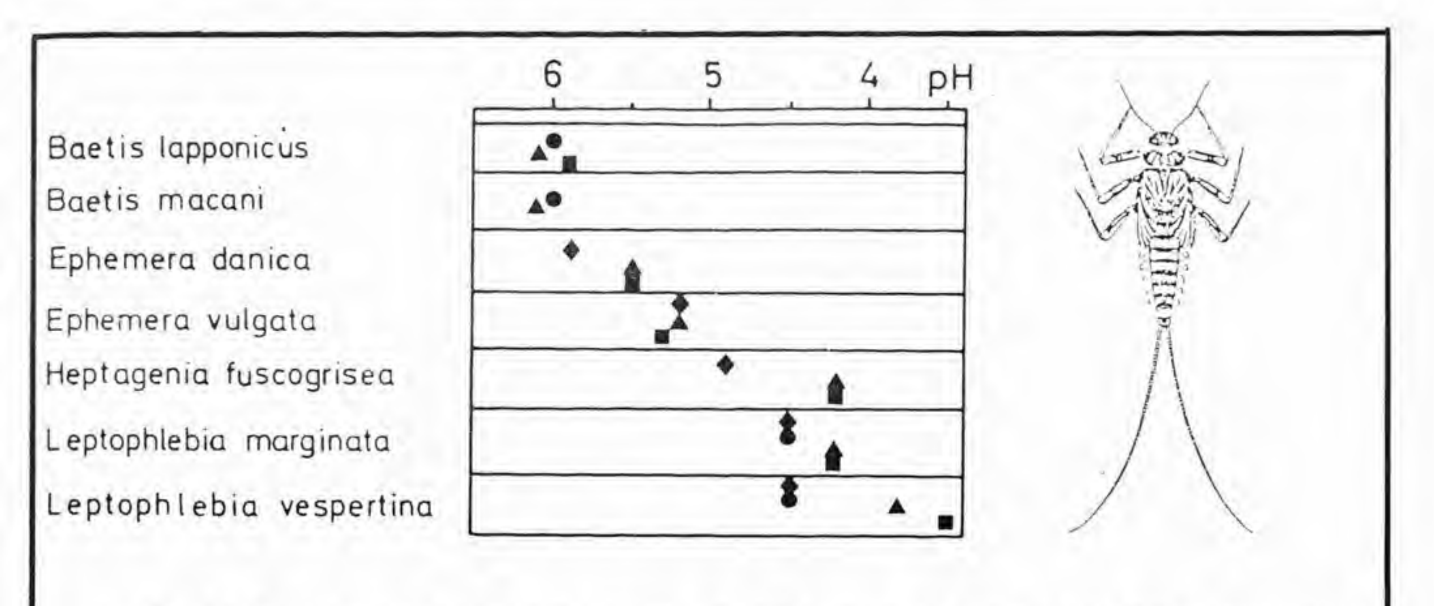


Fig. 3 : Comparison of lower pH tolerance limits for a selection of mayfly species (Ephemeroptera). Diamonds : from Otto and Svensson (1983). Dots : from Raddum and Fjellheim (1984). Triangles : experimental data, from Engblom and Lingdell (1984b). Modified from the latter reference.

The invertebrates are part of a multifactorial ecosystem. Here the effect of one factor, such as H^+ concentration (pH value) is modified by other factors and conditions. When external calcium or total salinity increases, many species show increased tolerance of low pH (fig.4). This is in agreement with findings for fish and is related to the modifying effect which calcium and other ions may have on ion transport at low pH.

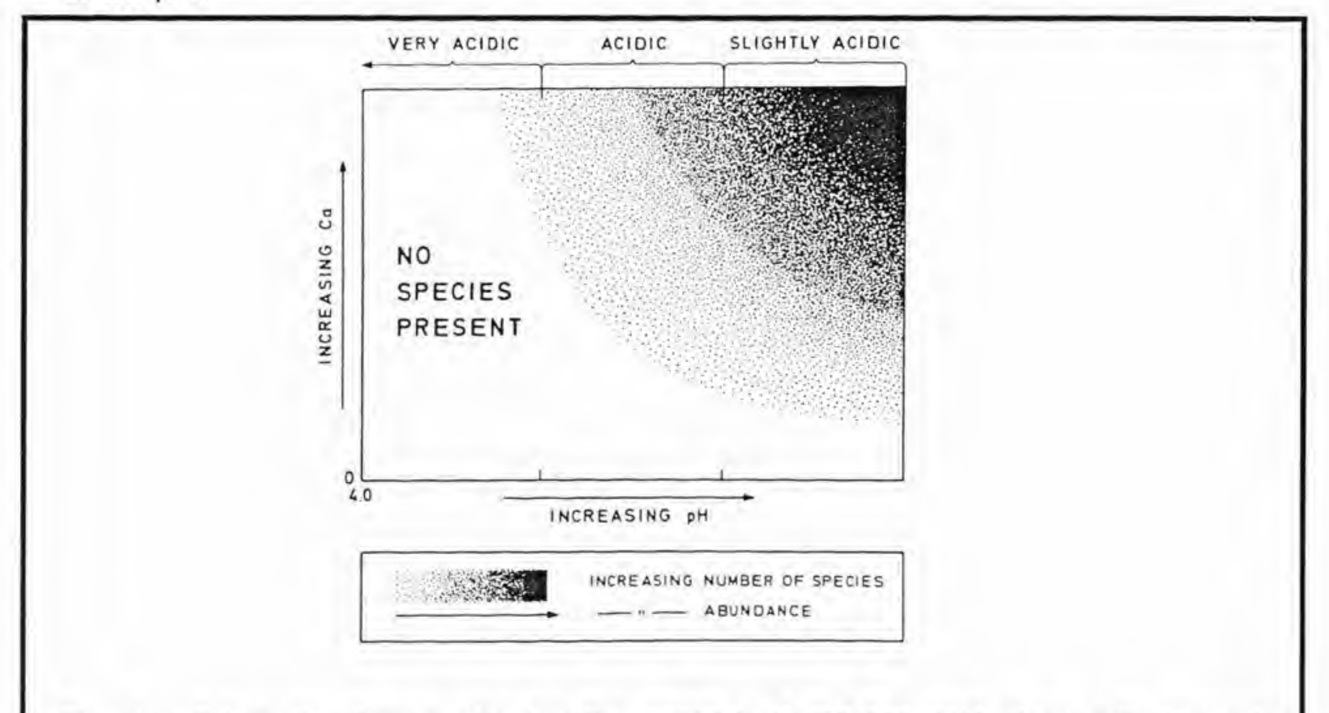


Fig. 4 : Schematic diagram showing the principle of reduced acid stress with increasing concentration of external calcium (lower pH tolerated when calcium increases). Originally based on tolerance values for widespread species of snails, small mussels and crustaceans studied in ca. 1000 lakes in Norway. The same principle also holds true for certain other invertebrates and for fish. From Okland and Okland (1980).

III. EARLY WARNING SIGNALS.

The well-being and presence or absence of low pH-sensitive invertebrate species reflect the overall environmental impact over time. Studies of such species are therefore often more informative than chemical observations made a few times a year if acidification trends are to be documented. In several countries regional studies of benthic invertebrates have therefore recently been used as an efficient tool for monitoring acidification in lakes and streams (Raddum and Fjellheim 1984, The Norwegian State Pollution Control Authority 1986, Engblom and Lingdell 1983, 1984 a,b, 1987).

IV. BENTHIC INVERTEBRATES AND PROTECTED AREAS.

There is a growing interest for benthic invertebrates in relation to the protection of lakes and streams in Norway (Gjessing 1983, Nost et al. 1986). In Sweden large-scale studies from national parks, natural reserves, and other protected areas have been performed, comparing the fauna with the fauna outside the protected areas. In this manner the faunistic representativity of the protected areas has been evaluated (Engblom and Lingdell 1987).

LITERATURE.

ENGBLOM (E.) and LINGDELL (P.-E.), 1983. – Usefulness of the bottom fauna as a pH indicator. *Rep. natn. Swedish environm. protec. Bd.*, SNV PM 1741 : 1–181 (in Swedish with English abstract).

ENGBLOM (E.) and LINGDELL (P.-E.), 1984a. – Usefulness of the bottom fauna as a pH indicator. *Acidification Res. Sweden*, I : 7.

ENGBLOM (E.) and LINGDELL (P.E.), 1984b. – The mapping of short-term acidification with the help of biological pH indicators. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 61 : 60–68.

ENGBLOM (E.) and LINGDELL (P.-E.), 1987. – Vilket skydd har de vattenlevande smadjuren i landets naturskyddsomraden ? En studie i försurnings- och föroreningsförhallanden. *Naturvardsverket*, Rapport 3349 : 1–274 (in Swedish).

GJESSING (J.), 1983 (ed.). – Naturfaglige verdier og vassdragsvern. *Norges offentlige utredninger*, NOU 1983–42 : 1–376 (in Norwegian).

LINTHURST (R.A.), 1984 (ed.). – *The acidic deposition phenomenon and its effects : Critical assessment review papers. Vol. II : Effects Science.* United States Environmental Protection Agency.

NOST (T.), AAGAARD (K.), ARNEKLEIV (J.V.), JENSEN (J.W.), KOKSVIK (J.I.) and SOLEM (J.O.), 1986. – Hydroelectric development and freshwater invertebrates. A survey of present knowledge. *Okoforsk Utredn*, 1986–1 : 1–80 (in Norwegian with English abstract).

OKLAND (J.) and OKLAND (K.A.), 1980. – pH level and food organisms for fish : studies of 1,000 lakes in Norway. In : DRABLOS (D.) and TOLLAN (A.) eds. : *Ecological Impact of Acid Precipitation. Proceedings of an International Conference*, Sandefjord, Norway, March 11–14, 1980. SNSF–project, Oslo–As, Norway : 326–327.

OKLAND (J.) and OKLAND (K.A.), 1986. – The effects of acid deposition on benthic animals in lakes and streams. *Experientia*, 42 : 471–486.

OTTO (C.) and SVENSSON (B.S.), 1983. – Properties of acid brown water streams in South Sweden. *Arch. Hydrobiol.*, 99 : 15–36.

OVERREIN (L.N.), SEIP (H.M.) and TOLLAN (A.), 1980. – *Acid precipitation – effects on forest and fish. Final report of the SNSF–project 1972–1980.* SNSF–project, Oslo–As, Norway, Fr 19/80 : 1–175.

RADDUM (G.G.) and FJELLHEIM (A.), 1984. – Acidification and early warning organisms in freshwater in western Norway. *Verh. int. Verein. Limnol.*, 22 : 1973–1980.

RAVERA (O.), 1986. – Effects of experimental acidification in freshwater environments. *Experienta*, 42 : 507–516.

SWEDISH MINISTRY OF AGRICULTURE, 1982. – *Acidification today and tomorrow. The 1982 Stockholm Conference. Ministry of Agriculture Environment '82 Committee.* Swedish Ministry of Agriculture, Stockholm, Sweden.

THE NORWEGIAN STATE POLLUTION CONTROL AUTHORITY, 1986. – Overvaking av langtransportert forurenset luft og nedbor. Arsrapport 1985. *Statens Forurensningstilsyn*, Rapport 256/86 : 1–199 (in Norwegian).



CENTRES DE RICHESSE ET CENTRES DE PAUVRETE DE LA FAUNE DES BOURDONS DE FRANCE (HYMENOPTERA, APIDAE).

THEORIE D'INOUYE CONTRE THEORIE DE RANTA & VEPSALAINEN

Pierre RASMONT

Zoologie
Faculté des Sciences
Université de Mons–Hainaut
Avenue du Champ de Mars
B–7000 Mons
BELGIQUE

SUMMARY.

The author studied the bumblebee fauna from France and especially from Languedoc-Roussillon and Corsica.

The validity of the theories proposed by Inouye (1977a, 1977b, 1978) and by Ranta & Vepsäläinen (1981) is examined. For Inouye, there cannot exist more than 4 bumblebee species in a biotope : one species with short proboscis, one with medium-lenght and one with long proboscis, the fourth being a nectar-robber species. For Ranta & Vepsäläinen the number of species in a given biotope can be strongly increased by the availability of large amount of food resources (e.g. large-scale monoculture of food-plants) or by **"catastrophic environmental viscissitudes"**. Extending the Inouye's theory, Hanski (1982) draws a distinction between the **core-species** and the **satellite-species**. The core-species have a relative abundance greater than 3% ; the satellite-species are the rare species of minor ecological importance.

The bumblebee fauna of Corsica is poor and its structure closely fits the Inouye's theory. Three principal species coexist in the low mediterranean zone : Bombus terrestris xanthopus Kriechbaumer, Megabombus muscorum pereziellus (Skorikov) and Megabombus ruderatus corsicola (Strand), with respectively short, medium and long proboscis. In the moutain zone, four principal species can be found : Bombus terrestris xanthopus, B. lucorum renardi Radoszkowski, Megabombus pascuorum melleofacies (Vogt) and M. hortorum dejonghei Rasmont (or M. ruderatus corsicola out of the beech forests). Of these, the two first are short-tongued and nectar robbers, the next being medium and the latter long tongued.

The bumblebee fauna of Cerdagne (Pyrénées-Orientales) and Larzac are very rich : in Cerdagne, 34 species (16 core- and 18 satellite-species in the UTM square DH20) ; in Larzac, 24 species (10 core- and 14 satellite-species). The Cerdagne is found to have the richest bumblebee fauna of whole Europe. This faunistic diversity can be explained by the great regional ecological diversity. The faunistic diversity in Larzac is best explained by the Ranta & Vepsäläinen theory. This region affords a wealth of food cultures and large areas of wild food plants. Comparing the climate of Corsica and Larzac, the former is the more stable of France and the latter one of the most instable ones (Grandjouan, 1978 ; Brisse et al., 1982), with late spring frosts and snows.

These observations indicate that the Inouye's theory is valid only in stable environment. According to Ranta & Vepsäläinen's theory, the environmental instability seems to favour a greater species diversity.

INTRODUCTION.

Pourquoi de nombreuses espèces animales coexistent-elles ? Cette question est bien évidemment fondamentale. Un des plus grands apports de la faunistique est d'apporter des données qui permettent de répondre à ces questions.

A l'occasion d'une enquête sur la faune des Bourdons de France, j'ai pu trouver quelques éléments de réponse.

Pour le commun des entomolgistes européens, les bourdons se présentent comme des animaux ubiquistes. On en trouve depuis les rives de la Méditerranée jusque bien au delà du Cercle Arctique, au Spitzberg. On a l'impression qu'ils abondent presque partout. Il est vrai aussi qu'on ne manque jamais de les remarquer en raison de leur grande taille et du bruit qu'ils font.

Cette impression d'ubiquité se justifie pour toute l'Europe du Nord. On les y trouve partout en nombre et durant toute la bonne saison. Pourtant, lorsque j'ai commencé à étudier la faune du Sud de la France, j'ai été très surpris de rencontrer des endroits dont les bourdons sont absents. J'ai aussi remarqué d'autres stations où ils présentaient une diversité spécifique inconcevable plus au nord. Bien entendu, je me suis intéressé aux facteurs qui pouvaient induire de si larges disparités fauniques.

Deux théories ont été proposées pour expliquer la structure des faunes de bourdons : la théorie d'Inouye (1977a, 1977b, 1978) et celle de Ranta & Vepsäläinen (1981). Elles font l'objet d'âpres discussions chez les "bombinologues".

Pour Inouye, la longueur des pièces buccales des bourdons est le facteur principal de partage des ressources chez les bourdons. Chaque espèce serait censée butiner les seules fleurs dont la longueur de corolle est compatible avec la longueur de ses pièces buccales. Pour cet auteur, 3 ou 4 espèces de bourdons suffiraient toujours à saturer un biotope, avec même une restriction : "if more than three species of bumblebees coexist, the fourth is a nectar robber".

Ranta (1981) et Ranta & Vepsäläinen (1981) constatent une richesse spécifique bien plus grande (jusqu'à 11 espèces) dans des biotopes de toundra apparemment inhospitaliers. Leur hypothèse pour expliquer cela est que la rudesse du climat tuant de manière aléatoire une majorité de bourdons, les ressources florales se présentent comme surabondante et la compétition alimentaire disparaît. "Effects of competitive relaxation may be studied in the two following ways : (1) When resources are superabundant (e.g. on large clover fields in full blossom), even monocultures are able to maintain a diverse assemblage of bumblebee species [...] (2) Due to the harsh

climate, an average northern community should include a higher proportion of the geographical species pool, as populations are kept below competitive interactions by physically stressing and even catastrophic environmental viscissitudes. [...] If lack of competition could be generalised as an explanation for high numbers of species, then proboscis length distributions in bumblebee communities would be random collections from the geographical species pool" (Ranta & Vepsäläinen, 1981).

Pekkarinen (1984) conteste la théorie de Ranta & Vepsäläinen : "(it is) difficult to understand how a mechanism based on casual variability of the environment could maintain coexistence of potentially competitive species with similar proboscis lenghts and flower spectra during long periods and in different areas".

Pour Hanski (1982), les observations de Ranta et de Ranta & Vepsäläinen ne sont pas en contradiction avec la théorie d'Inouye. Simplement, il ne faudrait pas comptabiliser les espèces les moins abondantes ("satellites species"), marginales. Il calcule un seuil d'abandance (3% d'abondance relative) qui sépare ces espèces marginales des principales ("core species"). Sur la base de cette théorie, les observations de Ranta et de Ranta & Vepsäläinen ne sont pas en contradiction avec la théorie d'Inouye, la plupart des espèces qu'ils observent restant en dessous du seuil de 3% d'abondance relative.

L'examen des zones de richesse et de pauvreté de la faune de France permet-il de confirmer ou d'infirmer ces théories ?

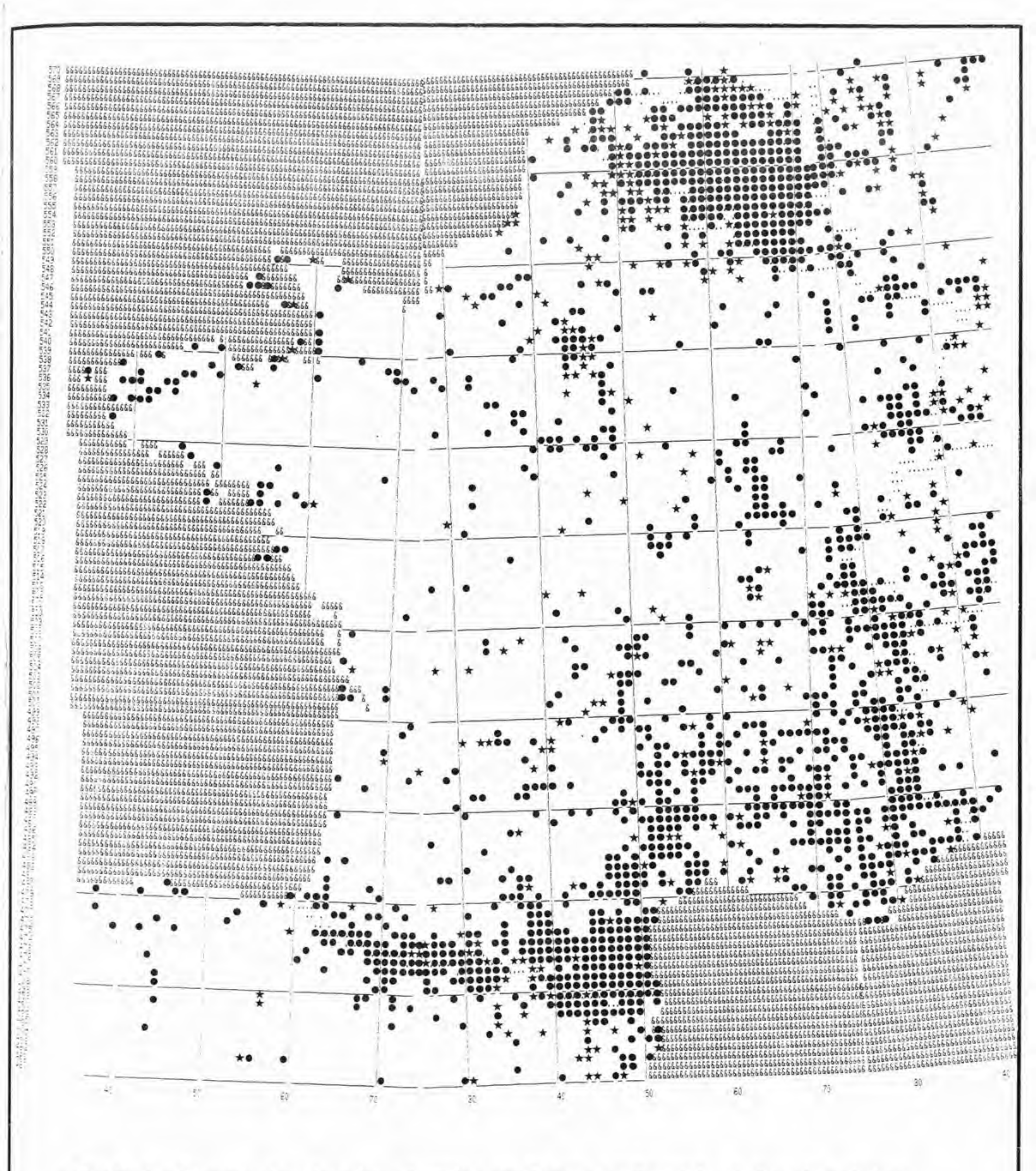
I. MATERIEL ET METHODE.

J'ai étudié les principales collections de bourdons de France. J'ai aussi étudié la faune de près de 1000 stations principalement dans le sud de la France et en Corse. Les régions maintenant les mieux connues sont le Languedoc-Roussillon et la Corse (carte 1 et 2). On ne discutera que ces deux régions.

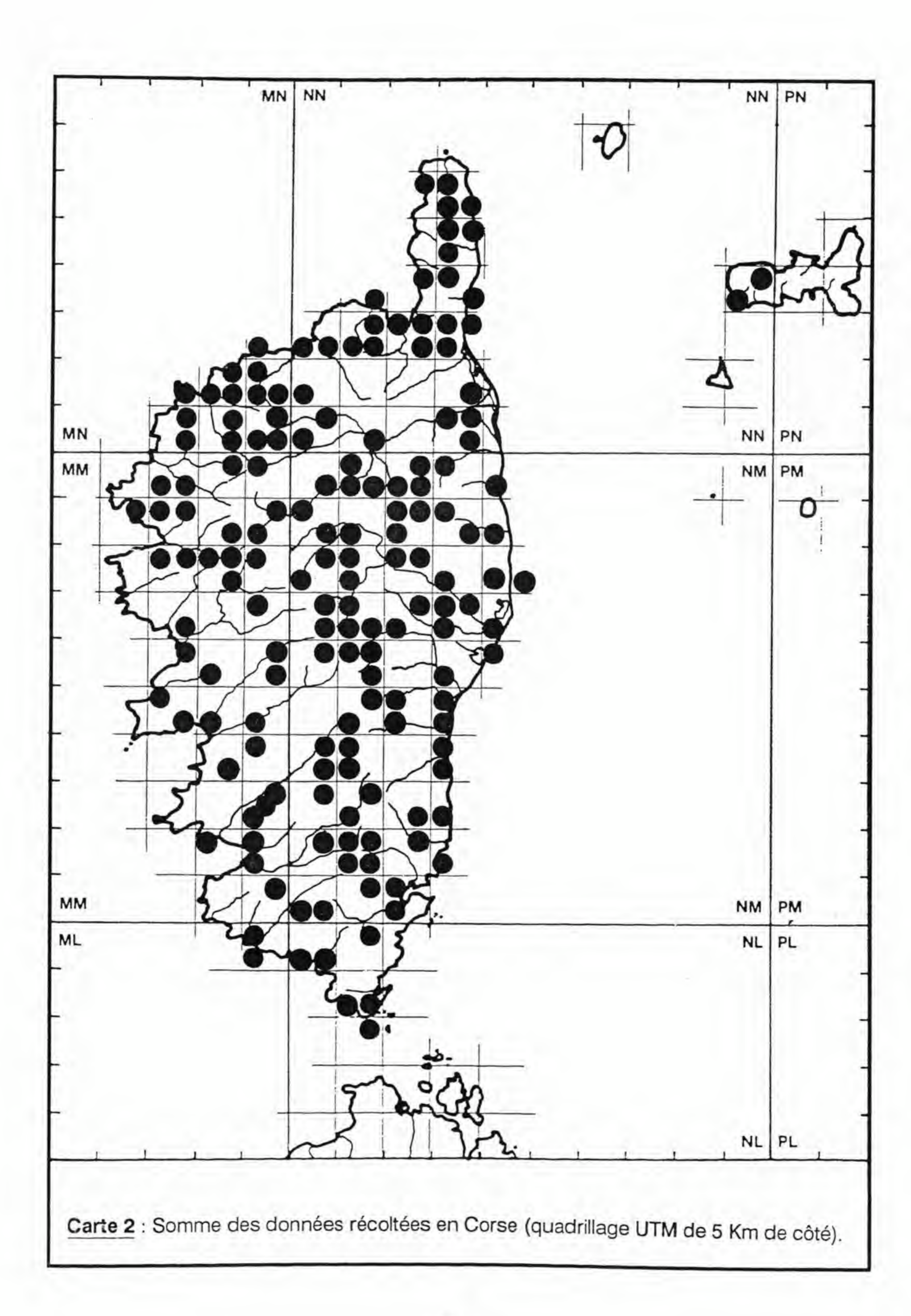
En tout, plus de 105 000 spécimens ont été examinés dont 22 431 pour le Languedoc-Roussillon et 3934 pour la Corse (Rasmont, 1988 ; Rasmont et al., en préparation).

II. RESULTATS ET DISCUSSION.

Certains carrés UTM n'ont permis de trouver aucun bourdon. Il s'agit de carrés de la Crau, de la Camargue et des environs. Dans la majorité des carrés des côtes de Méditerrannée on n'a pû trouver qu'une seule espèce : Bombus terrestris



Carte 1 : Somme des données récoltées en France continentale et dans les régions limitrophes (quadrillage UTM de 10 Km de côté). Etoiles : données antérieures à 1950. Cercles pleins : données postérieures à cette date.



Carte 2 : Somme des données récoltées en Corse (quadrillage UTM de 5 Km de côté).

auctt. Dans ces régions, les grands Anthophoridae (genres Xylocopa, Anthophora, Habropoda, Amegilla, Heliophila, Melecta, Thyreus, Tetralonia, Eucera) sont très diversifiés et très abondants. Ils y concurrencent probablement très efficacement les bourdons, d'autant plus que ceux-ci supportent très mal la chaleur et la sécheresse des régions méditerranéennes. Le partage des ressources se fait tout autrement qu'en montagne et dans le nord de l'Europe où les grands Anthophoridae sont bien moins diversifiés et surtout bien plus rares.

La faune de Corse est très originale et mérite une attention particulière. La faune y apparaît assez pauvre en espèce (8 espèces) pour la plupart représentées par des sous-espèces endémiques très spéciales. Elles y sont à ce point particulière qu'on pourrait les élever au rang d'espèces. La faune se différencie selon deux étages d'altitude : une faune de l'étage méditerranéen constituée de Bombus terrestris xanthopus Kriechbaumer (courtes pièces buccales), Megabombus muscorum pereziellus (Skorikov) (pièces buccales moyennes) et Megabombus ruderatus corsicola (Strand) (longues pièces buccales) et une faune de l'étage montagnard constitué de Bombus terrestris xanthopus, Bombus lucorum renardi (Radoszkowski) (courtes P.B.), Megabombus pascuorum melleofacies (Vogt) (moyennes P.B.) et Megabombus hortorum dejonghei Rasmont ou M. ruderatus corsicola (longues P.B.). A cette faune, s'ajoutent deux espèces parasites inquilines Psithyrus perezi Schulthess-Rechberg et Ps. maxillosus italicus Grütte. A l'étage montagnard, M. hortorum dejonghei ne se trouve qu'aux environs de la hêtraie, en dehors de celle-ci, il est remplacé par M. ruderatus corsicola. On trouve donc à l'étage inférieur une espèce à langue courte , une espèce à langue moyenne et une espèce à longue langue ; à l'étage supérieur, deux espèces à langue courte (mais toutes deux voleuses de nectar), une à langue moyenne et une à longue langue. En raison de leur mode de vie très particulier, les espèces parasites ne participent que marginalement au partage des ressources florales. On trouve donc en Corse une confirmation éclatante, presque caricaturale, de la théorie d'Inouye.

Espèce	**Fréquence relative :** en dessous de 100 m	au dessus de 800 m
Psithyrus perezi Schulthess-Rechberg	0,47	* 8,05
Psithyrus maxillosus italicus Grütte	0,16	* 3,62
Bombus terrestris xanthopus Kriechbaumer	*47,42	*46,72
Bombus lucorum renardi Radoszkowski		*29,80
Megabombus ruderatus corsicola (Strand)	*48,20	* 3,89[1]
Megabombus hortorum dejonghei Rasmont		* 4,43[1]
Megabombus muscorum pereziellus (Skorikov)	* 3,29	1,88
Megabombus pascuorum melleofacies (Vogt)	0,47	1,61
Nombre total de spécimens	639	745

* espèce principale (plus de 3% d'abondance relative, Hanski, 1982)

1 *dejonghei* domine largement *corsicola* dans les forêts humides (hêtraie surtout); là où le Hêtre n'existe pas, il est totalement remplacé par *corsicola*.

Tableau I : Espèces de bourdons observées en Corse en dessous de 100 m et au delà de 800 m d'altitude.

A l'opposé, certaines régions se sont montrées très riches en espèces : la Cerdagne (Pyrénées-Orientales, 34 espèces dont 16 principales et 18 satellites dans le seul carré UTM DH20) et le Larzac (Hérault et Aveyron, 24 espèces dont 10 principales et 14 satellites ; Rasmont et al., sous presse). Sur base de Pekkarinen (1984), on peut constater que la Cerdagne est la région la plus riche en espèce de bourdons de toute l'Europe. On peut expliquer assez aisément cette diversité faunique par la très grande diversité écologique locale. Par contre, la diversité faunique extraordinaire du Larzac va à l'encontre des théories d'Inouye et de Hanski. On ne peut pas non plus expliquer cette diversité faunique par la seule diversité des biotopes. Le Causse du Larzac a une altitude presque constante (700-800m). La végétation y est pauvre et assez peu diversifiée. En tout cas bien moins variée que celle d'une région comme la Corse. Comment expliquer qu'une région en apparence aussi monotone que le Larzac recèle bien plus d'espèces qu'une région telle que la Corse ? Seule la théorie de Ranta & Vepsäläinen peut fournir une explication valide. Nous l'avons vu, ces auteurs donnent deux conditions pour le relâchement de la concurrence interspécifique : 1- excès de ressources florales (cultures fourragères par exemple), 2- météorologie catastrophique qui élimine une forte proportion de la population de manière aléatoire. Ces deux conditions sont remplies au Larzac. On y rencontre beaucoup de cultures fourragères (Sainfoin Onobrychis viciifolia Scop., Luzerne Medicago sativa L., Trèfle Trifolium pratense L.) mais aussi des superficies énormes de Trèfle incarnat sauvage (Trifolium incarnatum L. subsp. molinerii (Balb.) Syme) et de Carduae (Cirsium, Carduus, Centaurea, etc...). Le climat s'y trouve pénible. Il n'est pas rare de voir se succéder en quelques heures un soleil radieux, des pluies torrentielles et d'abondantes chutes de neige. Les gelées tardives y sont de règle. Grandjouan (1978) et Brisse et al. (1982) montrent d'ailleurs le sud-ouest du Massif Central comme une région à la croisée de quatre des cinq principaux types de climats de France : climats aquitain, méridional, continental modéré et continental froid. L'abondance des bourdons est très inconstante au Larzac. Parfois, il est possible de récolter plusieurs centaines de bourdons en quelques heures. D'autres fois, on observe tout au plus un exemplaire par jour. Cela confirme l'existence du rôle des "catastrophes météorologiques".

A l'opposé, le climat corse est considéré par Grandjouan (1978) et Brisse et al. (1982) comme le plus constant de France. En outre, on y trouve nulle par les grands champs de plantes fourragères que l'on trouve au Larzac.

On peut conclure que la théorie de Ranta & Vespäläinen (1981) est valide et qu'elle limite les théories d'Inouye (1977a, 1977b, 1878) et de Hanski (1982).

Brosset (1982, cité par Blondel, 1986) explique de même la diversité faunique anormale des Poissons Aplocheilidae (= Cyprinodontidae) du bassin de l'Invindo (Gabon) par le constant remaniement catastrophique des mares du fait des pluies torrentielles et du passage des gros animaux. L'habitat typique de certaines de ces

espèce est constitué des flaques d'eau contenues par les traces d'éléphant. On conçoit bien, pour ces petits poissons, le caractère catastrophique du passage des pachydermes. Sans ces petites catastrophes incessantes, la diversité spécifique de cette faune de poissons diminuerait rapidement en raison du caractère très concurrent de ces espèces et de leur mécanismes d'exclusion mutuelle.

Cette théorie de Ranta & Vepsäläinen (1981), si elle pouvait être généralisée, pourrait avoir une importance fondamentale pour la gestion des espaces naturels protégés. En effet, jusqu'ici, une des préoccupations fondamentales des gestionnaires de réserves naturelles a été de préserver au maximum la stabilité de celles-ci. On constate que, au contraire des objectifs initiaux des réserves, cette politique pourrait amener un considérable appauvrissement faunique.

Espèce	**Fréquence relative :** Cerdagne DH20	Larzac EJ16+EJ25
Psithyrus rupestris (Lepeletier)	1,81	1,33
Psithyrus bohemicus (Seidl)	* 3,77	
Psithyrus campestris (Panzer)	0,56	0,11
Psithyrus (Allopsithyrus) sp.	0,08	0,58
Psithyrus quadricolor Lepeletier	1,43	
Psithyrus flavidus (Eversmann)	1,05	
Psithyrus sylvestris Lepeletier	* 4,28	0,06
Psithyrus norvegicus Sparre Schneider	0,05	
Confusibombus confusus (Schenck)	1,05	2,72[1]
Bombias mendax (Gerstaecker)	0,65	
Bombus terrestris auctt.	0,52	* 7,20
Bombus lucorum (L.)	* 5,17	0,29
Bombus magnus Vogt	0,16	0,17
Alpigenobombus wurfleini (Radoszkowski)	* 4,41	
Pyrobombus hypnorum (L.)	0,30	
Pyrobombus pratorum (L.)	* 3,26	0,58
Pyrobombus pyrenaeus (Pérez)	* 3,17	
Pyrobombus monticola (Smith)	0,91	
Pyrobombus lapidarius (L.)	* 4,71	*22,00
Pyrobombus sicheli (Radoszkowski)	* 5,65	
Pyrobombus cullumanus (Kirby) s.s.	0,11	1,22
Pyrobombus soroeensis (Fabricius)	* 4,55	0,06
Megabombus ruderatus (Fabricius)	0,43	*13,41
Megabombus hortorum (L.)	* 5,89	1,62
Megabombus asturiensis Tkalcu	0,08	
Megabombus gerstaeckeri (Morawitz)	2,37	
Megabombus subterraneus (L.)	2,48	* 4,12
Megabombus pomorum (Panzer)		*16,12
Megabombus mesomelas (Gerstaecker)	* 6,51	
Megabombus sylvarum (L.)	2,99	*12,07
Megabombus ruderarius (Müller)	*18,94	* 4,64
Megabombus muscorum auctt.		0,06
Megabombus humilis (Illiger)	* 3,53	* 7,43
Megabombus pascuorum (Scopoli)	* 5,49	* 3,02
Megabombus mucidus (Gerstaecker)	* 3,55	
Megabombus laesus (Morawitz)	0,03	* 4,82
Nombre total de spécimens	3717	1723

* espèce principale (plus de 3% d'abondance relative, Hanski, 1982)

[1] *C. confusus* est espèce principale dans EJ25 mais rare dans EJ16.

Tableau II : Espèces de bourdons observées dans le carré DH20 en Cerdagne et dans les carrés EJ16 et EJ25 dans le Larzac.

REMERCIEMENTS.

Je remercie tout particulièrement le regretté Professeur R. Delmas (Montpellier) sans lequel ce travail aurait pris une toute autre forme. Je remercie aussi les Professeur F. Leclant (Montpellier), J. Leclercq (Gembloux) et J.P. Lumaret (Montpellier).

BIBLIOGRAPHIE.

BLONDEL (J.), 1986. - *Biogéographie évolutive*. Collection d'écologie, Masson, Paris, 221 p.

BRISSE (H.), GRANDJOUAN (G.) & RUFFRAY (P.) de, 1982. - Les types de climat annuel, un mode d'expression des gradients climatiques intégrant les variations interannuelles. *La Météorologie VIe série*, 31 : 39-81.

BROSSET (A.), 1982. - Le peuplement de Cyprinodontes du bassin de l'Invindo, Gabon. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 36 : 233-295 (cité par Blondel, 1986).

GRANDJOUAN (G.), 1978. - *Une méthode de comparaison statistique entre les répartitions des plantes et des climats*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 316 p.

HANSKI (I.), 1982. - Communities of bumblebees : testing the core-satellite species hypothesis. *Annales Entomologici Fennici*, 19 : 65-73.

INOUYE (D.), 1977a. - Species Structure of Bumblebee Communities in North America and Europe : 35-49. in : MATTSON (W.J.). *The role of Arthropods in forest ecosystems*. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York.

INOUYE (D.), 1977b. - Resource partitioning in bumblebees. *New York entomological Society*, 85 (4) : 253-254.

INOUYE (D.), 1978. - Resource partitioning in bumblebees : experimental studies of foraging behavior. *Ecology*, 59 (4) : 672-678.

PEKKARINEN (A.), 1984. - Resource partitioning and coexistence in bumblebees (Hymenoptera, Bombinae). *Annales Entomologici Fennici*, 50 : 97-107.

RANTA (E.), 1981. - *Structure of bumblebee communities in Northern Europe*. Thèse de doctorat, University of Helsinki, 8 p. + copies de 7 autres articles de Ranta et al.

RANTA (E.) & VESPALAINEN (K.), 1981. – Why are there so many species ? Spatio-temporal heterogeneity and northern bumblebee communities. *Oikos*, 36 : 28-34.

RASMONT (P.), 1988. – *Monographie écologique et zoogéographique des Bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat, Gembloux, 309 + LXII p.

RASMONT (P.), ADAMSKI (A.) & DE BAST (A.) de, en préparation. – *Faune des bourdons de la Corse (Hymenoptera, Apidae)*.

RASMONT (P.), DELMAS (R.) & LECLANT (F.), sous presse. – Contribution de la Banque de Données fauniques de Gembloux à la cartographie des Bourdons et des Xylocopes (Hymenoptera, Apidae, Anthophoridae) de l'Aveyron (France : Massif Cental).



APPLICATIONS D'UN LOGICIEL DE PROJECTION U.T.M. A LA SURVEILLANCE DES INVERTEBRES.

Pierre RASMONT* et Joël ANDRE**

*Zoologie
Faculté des Sciences
Université de Mons-Hainaut
Avenue du Champ de Mars
B-7000 Mons
BELGIQUE

**Laboratoire de Zoogéographie (Prof. C. Blanc)
Université Paul Valéry
B.P. 5043
34032 Montpellier Cedex
FRANCE

SUMMARY.

For biological cartographic surveys, the technique most frequently used is the plotting of records in a geographical grid. Because of the diversity of national geodetic systems, it is necessary to choose a geodetic standard for international cartographic survey. The most frequently used international system is now the U.T.M. Grid.

The authors provide two programs for calculating U.T.M. projection (UTM program) and inverse U.T.M. projection (MTU program). These programs are very usefull for the survey of natural regions along states borders. The authors used them mainly for the survey of the Pyrénées Mountains.

RESUME.

En cartographie biologique, la technique la plus fréquente est de pointer les observations dans un carroyage géographique. Du fait de la diversité des systèmes géodésiques nationaux, il est nécessaire d'adopter un système géodésique standard pour les opérations cartographiques internationales. Le système le plus employé actuellement en Europe est le carroyage U.T.M.

Les auteurs proposent deux programmes de calcul de la projection U.T.M. (programme UTM) et de la projection U.T.M. inverse (programme MTU). Ces programmes se sont révélés des plus utiles pour la cartographie des régions naturelles trans-frontalières. Les auteurs les ont surtout utilisés pour la cartographie des Pyrénées.

MOTS-CLEFS :
Cartographie biologique internationale - projection U.T.M. - coordonnées géographique - systèmes géodésiques.

INTRODUCTION.

Depuis quelques années, la faunistique et la floristique suscitent un intérêt considérable à la suite des nombreuses initiatives de protection des espèces. C'est ainsi que la cartographie de nombreuses espèces animales et végétales est entreprise par plusieurs équipes de chercheurs en Europe. Citons quelques-unes

de ces initiatives (liste non exhaustive) ; **Insectes** : Atlas provisoire des Insectes de Belgique (J. Leclercq, C. Gaspar & C. Verstraeten (ed.) ; Gembloux) – Provisional Atlas of the Insects of the European Part of U.S.S.R. (K.B. Gorodkov (ed.), Leningrad ; cf. Rasmont & Leclercq, 1984) – Provisional atlas of the Insects of the British Isles (J. Heath (ed.), Abbots Ripton) – Atlas of the carabid beetles of The Netherlands (H. Turin, J. Haeck & R. Hengeveld ; Amsterdam) – Fundortkataster der Bundesrepublik Deutschland (P. Müller (ed.), Saarbrücken) – Atlas provisoire des Insectes du Grand-Duché de Luxembourg (M. Meyer & A. Mousset, Luxembourg) – Atlas provisorio des Noctuides de Portugal (J. Passos de Carvalho & M. Umbelina Montalvao coord.) – Cartographie des Insectes de Roumanie (A.Z. Lehrer ; Iasi) – Provisional Atlas of Butterflies in Ireland (M. Crichton & E. Ni Lamhna ; Dublin) ; **Nématodes** : Provisional Atlas of the Nematodes of the British Isles (J. Heath, D.J.F. & B. Boag (ed.), Dundee & Abbots Ripton) – Atlas of plant parasitic Nematodes of Belgium (T.J.W. Alphey (ed.) ; Gent) ; **Mollusques** : Atlas provisoire des Gastéropodes terrestres de la Belgique (J.C. De Wilde, R. Marquet & J.L. Van Goethem ; Bruxelles) – Atlas of the non-Marine Mollusca of the British Isles (M.P. Kerney ; Abbots Ripton) ; **autres** : Atlas provisoire des Rotifères de Belgique (M. de Ridder, Gembloux) – Provisional Atlas of the marine Dinoflagellates of the British Isles (J.D. Dodge (ed.) ; Abbots Ripton) ; **Vertébrés** : Atlas of Polish mammals (Z. Pucek & J. Raczynski, Warszawa) ; **flore** : Atlas of the British Flora (F.H. Perring & S.M. Walters (ed.) ; London) – Verspreiding en betekenis van de nederlandse spoorwegflora (A. Koster ; Wageningen) – Atlas de la flore belge et luxembougeoise (E. van Rompaey & L. Delvosalle ; Meise). En France le Secrétariat de la Faune et de la Flore a programmé 19 inventaires régionaux et nationaux pour les seuls Invertébrés (de Beaufort & Maurin, 1986).

Certaines initiatives européennes se développent : Atlas Florae Europaeae, Mapping the Fungi of Europe, Cartographie des Reptiles et Amphibiens d'Europe, European Ornithological Atlas, Faunistica Lepidopterorum europaeorum, Cartographie des Invertébrés Européens (EIS-CIE-EEW) (liste non exhaustive).

Ces initiatives impliquent la publication de cartes. La plupart des cartes modernes de répartition d'espèces, figurent le pointage des observations et non plus de larges plages grisées qui ne veulent pas dire grand chose. Une option fréquente, est de pointer les récoltes dans un quadrillage géographique métrique. Les carrés de dimensions constantes facilitent beaucoup de travail. Tout d'abord le tracé et l'impression des cartes est simplifié, surtout si l'on a recours à l'informatique et cela bien que les tables traçantes et les logiciels de cartographie automatique permettent de s'affranchir d'un certain nombre de problème de représentation. Ensuite, du

simple fait que les distributions d'espèces se présentent alors comme des matrices de points, il est possible de les intégrer dans divers algorithmes mathématiques, statistiques ou informatiques qui permettent des analyses chorologiques et écologiques fines.

I. CARTOGRAPHIE ET FAMILLES DE PROJECTION.

En Europe, deux grandes familles de projections planes ont la faveur des cartographes et des topographes : les projections coniques de Lambert, utilisées, par exemple, pour les cartographies nationales de la France et de la Belgique et les projections issues de la projection cylindrique de Mercator, en particulier les projections cylindriques transverses utilisées pour les cartographies nationales de l'Irlande, du Royaume-Uni, de la République Fédérale d'Allemagne et de l'Espagne. Enfin, un seul système de coordonnées planes franchit les frontières et s'affirme aux niveaux international et mondial : la projection universelle transverse de Mercator (U.T.M.). Celle-ci est la plus utilisée pour la cartographie biologique, surtout lorsque l'on sait que le British national Grid et l'Irish Transverse Mercator Grid sont identiques à la projection U.T.M. à quelques constantes près (Rasmont et al., 1986). Les programmes internationaux de cartographie biologique utilisent tous la projection U.T.M.

L'usage de coordonnées planes présente toujours quelques inconvénients. La difficulté majeure vient de l'obligation de minimiser l'altération d'échelle, c'est-à-dire l'écart entre les mesures sur la carte et sur le terrain. Pour réduire cette altération d'échelle à un niveau compatible avec les opérations topographiques courantes (moins de 0,1% d'altération), le globe terrestre a été subdivisé en petites zones. Les projections pour ces zones ne diffèrent entre elles que par des constantes. Pour les projections Lambert, il faut diviser le monde en 20 zones horizontales pour ne pas avoir de trop grande altération d'échelle ; pour U.T.M., 60 zones verticales sont nécessaires (fig. 1). Un problème se pose à la jonction entre ces zones où le quadrillage est tronqué plus ou moins obliquement. De plus, il est difficile de calculer une distance entre deux points situés dans deux zones différentes mais ce dernier problème concerne plus les artilleurs que les biologistes.

En apparence, la solution la plus simple est d'utiliser un carroyage bâti sur les coordonnées sphériques mais les cartes dessinées ainsi posent de gros problèmes. Les unités de surface trapézoïdales définies de la sorte ne sont pas

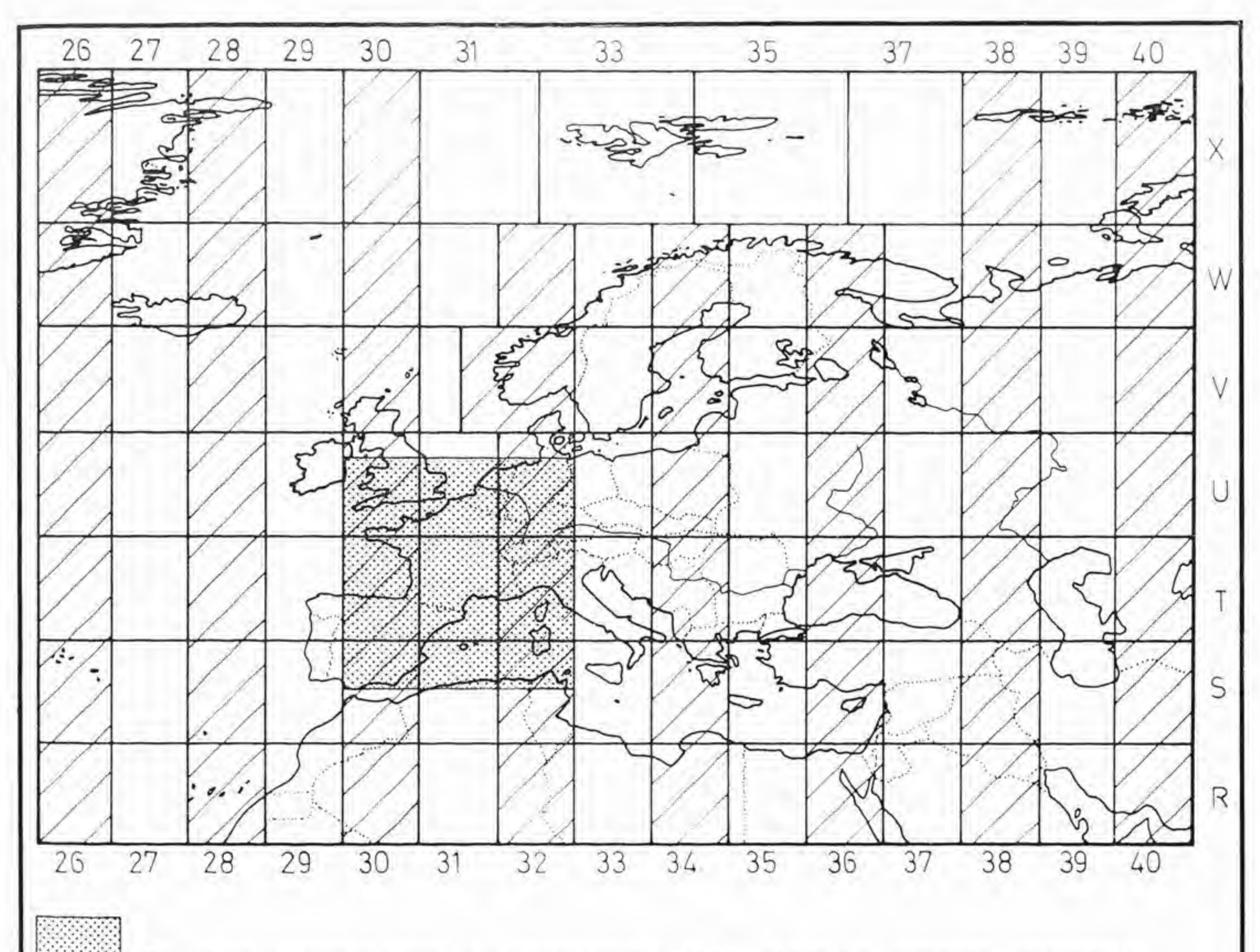


Figure 1 : Fuseaux et zones du quadrillage U.T.M. dans la région ouest-paléarctique. Pour cette partie du globe, les fuseaux, de 6° d'étendue en longitude, sont numérotés, selon la convention, de 26 à 40. Les zones, de 8° d'étendue en latitude, sont désignées par les lettres R à X. Remarquez, la distorsion du fuseau 32 en Norvège et la suppression des fuseaux 32, 34 et 36 dans la zone X (entre 72° et 84° nord). En grisé : domaine d'application du programme MTU dans la version présentée. La modification des constantes indiquées dans le programme permet le déplacement à volonté de cette zone.

constantes ce qui complique les opérations mathématiques et informatiques. Mais il y a plus grave : non seulement on utilise des unités angulaires différentes dans certains pays (les grades en France, des degrés ailleurs), mais encore des points de référence différents (Paris en France, Bruxelles en Belgique, Madrid en Espagne, etc...) et des modèles différents pour l'ellipsoïde terrestre (Marchant, 1961 ; Cartan, 1978). L'association d'un point de référence, d'une unité de mesure angulaire et d'un ellipsoïde constituent ce qu'on appelle un système géodésique et chaque état utilise son propre système géodésique national. A l'opposé, la projection U.T.M. possède une grande qualité : elle est définie de façon univoque par des normes internationales dans la plus grande partie du monde (O.T.A.N., 1983). Les discontinuités entre les systèmes géodésiques utilisés avec la projection U.T.M. ont été rejetées dans les mers partout où c'était possible (fig. 2).

Quelques difficultés devraient encore s'aplanir dans le futur grâce au système géodésique mondial, le World Geodetic System (W.G.S.) qui définit un point de référence unique : le centre de gravité de la Terre. Les différents systèmes nationaux se raccrochent petit à petit au W.G.S. au fur et à mesure que l'on calcule avec exactitude les coordonnées dans l'espace (x, y, z) du point de référence national par rapport au centre de la Terre. Ainsi, pour le moment, et pour autant que l'on puisse prévoir, dans l'avenir, les coordonnées U.T.M. sont le standard de choix pour toute opération cartographique internationale.

Deux grandes critiques ont été adressées aux coordonnées U.T.M. alphanumériques.

Les lettres désignant les carrés de 100 x 100 Km ne seraient pas attribuées selon un ordre logique (Scott ; Cartan, 1978 : 112). Cette critique n'est pas justifiée. L'ordre logique du lettrage est expliqué par O.T.A.N. (1983). Il est aisé à informatiser et d'ailleurs les programmes BASIC proposés ici contiennent des sous-routines qui calculent le lettrage au moins pour l'Europe Occidentale. A la défense des arguments de Scott et de Cartan, précisons que le FORTRAN employé le plus souvent pour le calcul des projections est (sauf FORTRAN V) presque inutilisable pour cet usage.

Pour Crawford (1983 : 394), les coordonnées U.T.M. seraient malcommodes et peu compréhensibles pour les non-initiés. Notre expérience montre l'inverse : tout le monde retient plus facilement "Bruxelles ES 93" (coordonnées U.T.M. alphanumériques) que "Bruxelles 50°50N 4°21E" (coordonnées sphériques) ou "Bruxelles E = 595, N = 5632" (coordonnées U.T.M. numériques).

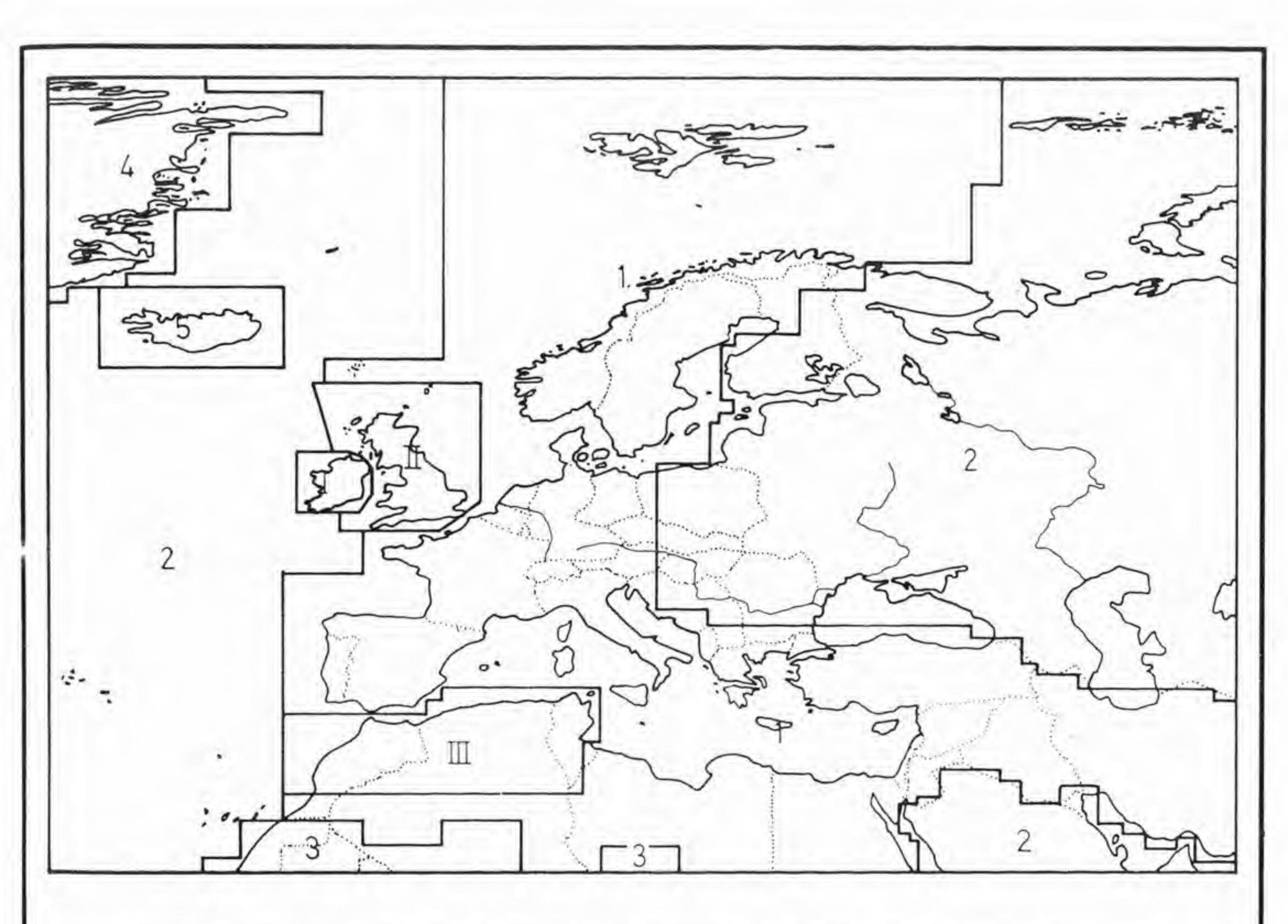


Figure 2 : Systèmes géodésiques associés à la projection U.T.M. dans la région ouest-paléarctique.

QUADRILLAGE U.T.M. :
1.– coordonnées *European data* associées à l'*ellipsoïde internationale de Hayford* (1924).
2.– *World Geodetic System.*
3.– coordonnées *Local Astro* associées à l'*ellipsoïde de Clarke* (1866).
4.– coordonnées *Qôrnoq* associées à l'*ellipsoïde internationale de Hayford* (1924).
5.– coordonnées *Hjôrsey* (1955) associées à l'*ellipsoïde internationale de Hayford* (1924).

AUTRES QUADRILLAGES (LE QUADRILLAGE U.T.M. N'EST NORMALEMENT PAS UTILISE DANS CES REGIONS) :
I.– *Irish Transverse Mercator Grid* ; coordonnées *Ireland* (1965) associées à l'*ellipsoïde de Airy.*
II.– *British National Grid* ; coordonnées *Ordnance Survey of Great Britain* (1936) associées à l'*ellipsoïde de Airy.*
III.– quadrillages *Lambert* associés à l'*ellipsoïde de Clarke* (1866) (*Lambert Maroc* : coordonnées de *Merchich* ; *Lambert Nord Algérie, Lambert Sud Algérie, Lambert Nord Tunisie, Lambert Sud Tunisie* : coordonnées de *Voirol*).

C'est d'ailleurs probablement, entre autres, pour ses propriétés mnémotechniques que les militaires ont porté leur choix sur ce système alphanumérique.

Bien entendu, tout cela ne concerne que l'expression **cartographique** des données fauniques et floristiques. Les fichiers informatiques peuvent sans aucun problème, ne comporter que des coordonnées sphériques nationales ou n'importe quel type de coordonnées planes. L'important est de toujours pouvoir retrouver les coordonnées U.T.M. à partir de coordonnées sphériques ou l'inverse.

Les instituts géographiques nationaux délivrent parfois des cartes topograhiques avec les coordonnées U.T.M. en surcharge, ou au moins les amorces de celles-ci. Hélas, les cartes de grande diffusion ou à petite échelle ne les figurent jamais sauf exception (par exemple, le Gross ADAC General atlas). Dans la plupart des cas il y a des difficultés pour obtenir des cartes U.T.M. et finalement, on peut passer un temps considérable à chercher des coordonnées géographiques, même pour un travail d'écologie qui a priori ne comporte que peu de cartographie.

Il serait très pratique de pouvoir utiliser n'importe quelle source cartographique pour calculer les coordonnées U.T.M. internationales. On devrait pouvoir utiliser n'importe quelle bonne carte routière en grades ou degrés, un bon atlas international (comme le très bon Times Atlas of the World dont l'index de 200 000 entrées donne aussi les coordonnées sphériques), ou encore des listes de localités comme l'Official Standard Names Gazetter (disponible pour chaque pays du monde, les deux volumes pour la France donnent 60 000 noms de localités ou lieux-dits et leurs coordonnées sphériques). Enfin, pour gérer toute banque de données cartographiques à prétention nationale ou internationale, il est nécessaire de pouvoir faire des sorties imprimées et des échanges de données en U.T.M. quel que soit le type de coordonnées utilisées dans les fichiers de travail.

Tel est l'objet des programmes BASIC que nous avons développés. Il permettent de calculer les coordonnées planes U.T.M. à partir des coordonnées de toutes natures ou l'inverse.

II. APPLICATION.

En règle générale, la solution la plus facile pour l'organisation d'enquêtes cartographiques nationales est d'utiliser un quadrillage issu de la projection la plus utilisée dans le pays ; Lambert en France et en Belgique, Gauss-Krüger en

Allemagne, par exemple. Pourtant, cette option n'a été suivie dans aucun des trois pays cités en exemple. En Belgique et en Allemagne, on a préféré l'utilisation des coordonnées U.T.M. Une bonne raison pour cela était l'abondance des documents cartographiques nationaux qui comportent ces coordonnées. En France, le choix du Secrétariat de la Faune et de la Flore s'est porté sur l'utilisation des coordonnées sphériques en grades (méridien de Paris). Ce choix peut s'expliquer aisément par la difficulté de se procurer les cates avec le quadrillage U.T.M. et par l'abondance et la qualité des documents cartographiques qui utilisent les grades. En fait, si cet organismes avait porté son choix sur l'U.T.M., il aurait buté sur de nombreuses difficultés et le travail de ses collaborateurs aurait été singulièrement compliqué.

Pour la cartographie de la faune d'Espagne, la question ne se pose guère. Les coordonnées U.T.M. sont largement utilisées à tous les usages et se trouvent sur toutes les cartes officielles.

On rencontre le plus de difficultés lorsqu'on cherche à cartographier une région qui s'étend sur plusieurs pays. On l'a vu plus haut, l'U.T.M. s'est imposé pour cet usage. C'est donc ce quadrillage que l'on a décidé d'utiliser dans les équipes des deux auteurs, à Gembloux et à Montpellier. P. Rasmont a étudié la faune des bourdons de la région française, c'est à dire la région d'Europe où l'on parle français (France, Belgique, Suisse, Andorre, Monaco, Val d'Aoste). J. André s'est concentré sur les Mollusques terrestres d'Espagne et du sud de la France. Les auteurs ont rencontré les problèmes les plus aigus dans les Pyrénées, une des régions les plus intéressantes de leur territoire d'étude. Pour le versant nord de ce massif (France), on dispose de cartes topographiques I.G.N. qui comportent les coordonnées en grades/Paris, et le quadrillage Lambert. Pour le versant sud, on utilise de préférence les cartes militaires de l'Espagne. Hélas, jusqu'il y a quelques années, ces cartes étaient introuvables. Bien souvent, on a dû utiliser les cartes "d'Editorial Alpina" (Granollers) qui ne donnent que les coordonnées en degrés (méridien de Madrid). Enfin, il nous est arrivé de devoir nous servir des "Mapas oficial de Espana – Conjutos Provinciales" qui ne figurent elles aussi que les degrés mais cette fois par rapport au méridien de Greenwich. C'est dans ce cas particulier de la cartographie de la région pyrénéenne que l'utilisation des logiciels présentés ici s'est avérée la plus utile.

Une autre application fréquente est le dessin du carroyage U.T.M. sur des cartes qui en sont dépourvues. Les cartes de France "Michelin" ou "I.G.N. Série verte" sont bien connues pour leur commodité. Le programme UTM permet de calculer les amorces du quadrillage U.T.M. et de le tracer aisément sur ces cartes.

III. NOTIONS SUR LA PROJECTION U.T.M.

La projection de Mercator est une méthode par laquelle on représente la surface de la terre sur une surface plane enroulée autour de la Terre tangentiellement à l'Equateur. De même, une projection transverse de Mercator est la représentation de la surface terrestre sur une surface plane tangentielle à un méridien "centre" de la projection. La projection U.T.M. cartographie le monde en 60 fuseaux indépendants et d'égale surface qui s'étend donc chacun sur 6° de longitude (fig. 1). Pour chacun des fuseaux, le calcul de la projection ne diffère que par une seule constante : la coordonnée angulaire du méridien centre du fuseau. Les fuseaux sont numérotés d'ouest en est à partir de 180e méridien. Les limites de fuseau sont donc tous les méridiens dont les coordonnées (en degrés/Greenwich) sont multiples de 6 et les centres de fuseaux, les multiples de 6 + 3°. Par exemple, le fuseau 31 s'étend de 0° à 6° est et son centre de projection est le méridien 3° (fig. 1).

Le globe terrestre est aussi séparé en 20 zones horizontales couvrant 8° de latitude (fig. 1). Ces zones sont désignées par une lettre de C à X en partant de −80° (80° sud) jusqu'à 84° de latitude nord ; les lettres I et O restent toujours inutilisées en U.T.M. pour éviter les confusions possibles avec zéro et la zone X (de 72 à 84° nord) s'étend sur 12°. Au delà de 84° sud la projection U.T.M. n'est pas utilisée, elle y est remplcée par la projection stéréographique polaire.

Les coordonnées U.T.M. **numériques** s'expriment comme des coordonnées cartésiennes x et y mais on utilise plutôt les lettres E ("easting") pour l'abcisse et N ("northing") pour l'ordonnée. Le point origine de la projection (E = O, N = O) est situé à l'intersection du méridien central du fuseau et de l'Equateur mais on ajoute toujours 500 Km à E de telle sorte que toutes les coordonnées U.T.M. d'un fuseau soient positives. Dans l'hémisphère sud, on ajoute 10 000 Km à N pour les mêmes raisons. Bruxelles à 50°50' nord 4°21' est a pour coordonnées U.T.M. numériques E = 595071 m, N = 5632275 m ; elle est donc située à 95,071 Km à l'est du 3ème méridien et à 5632,275 Km au nord de l'Equateur.

Les coordonnées alphanumériques mises en oeuvre par l'O.T.A.N. sont plus compactes et plus utilisées que E et N. Dans ce système, les coordonnées **hectokilométriques** sont remplacées par 2 lettres : la première lettre représente l'abcisse ("easting") et la seconde, l'ordonnée ("northing") en unités de 100 Km. Une paire de lettres désigne donc un carré de 100 Km de côté. Le long de l'abcisse, à partir de E = O du fuseau 1, on désigne les unités de 100 Km dans l'ordre alphabétique (sans I ni O) "A B C D E F G H J K L M N P Q R S T U V W X Y". 8 carrés de 100 x 100 Km couvrant la largeur maximale d'un fuseau, l'alphabet couvre la largeur de 3 fuseaux. Le long de l'ordonnée, à partir de N = O, on désigne les unités de 100 Km dans un ordre alphabétique un peu modifié ("A B C D E F G H J K L M N P Q R S T U V" dans les fuseaux impairs et "F G H J K L M N P Q R S T U V A B C D E" dans les fuseaux pairs).

A l'intérieur de chaque carré de 100 x 100 Km, les coordonnées s'expriment de façon cartésienne : E puis N. Le nombre de chiffres exprime la précision des coordonnées : 2 chiffres pour les coordonnées décakilométriques, 4 chiffres pour les coordonnées kilométriques, 6 chiffres pour les coordonnées hectométriques, 10 chiffres pour les coordonnées métriques.

Exceptions sont faites à ces règles dans la région ouest-paléarctique (fig. 1) : **entre 72° et 84° nord**, la région comprise entre 0° et 9° est tout entière incluse dans le fuseau 31 avec 3° est comme méridien central, la région entre 9° et 21° est est tout entière incluse dans le fuseau 33 avec 15° comme méridien central, la région entre 21° et 33° est, est tout entière incluse dans le fuseau 35 avec 27° comme méridien central, la région entre 33° et 42° est, est tout entière incluse dans le fuseau 37 avec 39° comme méridien central. Les fuseaux 32, 34 et 36 ne sont pas définis entre 72° et 84° nord, cela concerne surtout le Spitzberg et les îles avoisinantes. **La région comprise entre 56° et 64° nord et entre 3° et 6° est** est incluse dans le fuseau 32 avec 9° comme méridien central, cela concerne la côte occidentale de la Norvège. En Irlande on n'utilise pas la projection U.T.M. mais la Irish Transverse Mercator Grid (Rasmont et al., 1986). Dans les autres îles britanniques, on utilise le British National grid au lieu de la grille U.T.M. Dans les pays du Maghreb, ce sont les projections Lambert qui sont employées.

Pour l'usage des coordonnées U.T.M. en cartographie biologique, on consultera avec profit Heath (1971) et aussi Cartan (1978) et Crawford (1983) qui discutent de façon approfondie l'usage de différents systèmes cartographiques. Pour les notions cartographiques de base, on peut consulter I.G.M. (1951), Marchant (1961) et O.T.A.N. (1983).

On trouvera quelques exemples de conversion de coordonnées dans le tableau I.

Coordonnées sphériques		Coordonnées U.T.M. numériques				Coordonnées U.T.M.
		F	Z	easting	northing	alphanumériques
0°00'01"n	179°59'59"w	2,	N,	E = 166,039 km,	N = 0,031 km	1 N AA 66 00
0°01'01"n	179°59'59"w	2,	N,	E = 166,039 km,	N = 1,845 km	1 N AA 66 01
1°00'00"n	179°59'59"w	1,	N,	E = 166,039 km,	N = 110,684 km	1 N AB 66 10
0°00'01"n	173°59'59"w	2,	N,	E = 166,039 km,	N = 0,031 km	2 N JE 66 00
0°00'01"n	167°59'59"w	3,	N,	E = 166,039 km,	N = 0,031 km	3 N SA 66 00
0°00'01"s	179°59'59"w	1,	M,	E = 166,039 km,	N = 9999,969 km	1 M AV 66 99
0°00'01"s	179°59'59"e	60,	M,	E = 833,961 km,	N = 9999,969 km	60 M ZE 33 99
50°50'00"n	4°21' e	31,	U,	E = 595,071 km,	N = 5632,275 km	31 U ES 95 32
48°00'00"n	2°59'59"e	30,	U,	E = 500,021 km,	N = 5316,404 km	30 U WU 00 16
62°00'00"n	5°50' e	32,	V,	E = 334,177 km,	N = 6878,393 km	32 V LP 34 78
79°59'59"n	18° 1"e	33,	X,	E = 558,142 km,	N = 8883,317 km	33 X WJ 58 83
79°00'00"n	30°15' e	35,	X,	E = 569,198 km,	N = 8772,158 km	35 X NH 69 72

Tableau 1 : Exemples de conversions Degrès/Greenwich - U.T.M. numériques - U.T.M. alphanumériques.F = fuseau, Z = zone.

IV. LES PROGRAMMES DE CONVERSION U.T.M. ET M.T.U.

Le programme UTM calcule les coordonnées U.T.M. alphanumériques et numériques au départ de coordonnées sphériques. Le programme MTU fait l'inverse. Les deux programmes ont été prévus pour un usage européen mais UTM est très utilisable dans une très grande partie du monde alors que M.T.U. ne peut s'employer sans modification hors d'un territoire limité de l'Europe Occidentale (entre 6° ouest et 12° est, et entre 36°7' et 54° nord) (fig. 1).

Ils sont rédigés en BASIC dans différentes versions compatibles avec plusieurs modèles de micro-ordinateurs. Une première version, très compacte (3,4 Koctets), est rédigée en BASIC étendu pour les ordinateurs de poche SHARP PC-1251, PC-1255, PC-1260 et PC-1261. Une autre version en BASIC Microsoft est adaptée aux ordinateurs de bureau TANDY modèles III et IV. Une version en BASIC Microsoft est adaptée aux ordinateurs portables d'origine Kyocera (TANDY M-100, TANDY M-200, Olivetti M-10, NEC PC-8201A). Cette dernière version est disponible en deux exécutions : une première compactée au maximum (4 Koctets pour UTM et 3 Koctets pour MTU), sans fonctions d'aide ni commentaires et, par là même, difficile à lire et à modifier ; une seconde avec d'abondants commentaires et de nombreuses foncions d'aide (16 Koctets pour UTM, 15 Koctets pour MTU, en annexe). Une version en QUICK BASIC 4.5 pour ordinateurs MS-DOS est également disponible.

La version de U.T.M. et de M.T.U. que nous présentons ici est la version en BASIC Microsoft pour les ordinateurs portables Kyocera, avec fonctions d'aide et écriture sur fichier.

REMERCIEMENTS.

Nous remercions M. M. Vanden Herrewegen, Directeur du Service de Géodésie de l'Institut Géographique National de Belgique, pour ses précieux conseils ainsi que M. J.P. Mouton, de la même institution. Notre gratitude s'adresse aussi au Dr. H. Maurin du Secrétariat de la Faune et de la Flore (Paris) qui a bien voulu relire le manuscrit. Nous remercions encore M. D. Bruyère du 20ème Bataillon d'Artillerie de l'Armée Belge à Werl (R.F.A.) pour son soutien moral.

BIBLIOGRAPHIE.

BARTHOLOMEW (J.C.), GEELAN (P.J.M.), LEWIS (H.A.G.), MIDDLETON (P.) & WINKLMAN (B.), 1980. – *The Times Atlas of the World*. Comprehensive edition, John Bartholomew & son Ltd et Times Books Ltd, XL + 277 p., 123 pls.

CARTAN (M.), 1978. – *Inventaire et cartographie de répartitions d'espèces*. Faune et Flore, C.N.R.S., Paris, 127 + XIX p.

CRAWFORD (R.L.), 1983. – Grid systems for recording specimen collection localities in North America. *Systematic Zoology*, 32 : 389–402.

ADAC Verlag, 1974. – *Der Grosse ADAC General atlas*. Stuttgart, XLVI + 302 p.

HEATH (J.), 1971. – *Instructions for recorders*. European Invertebrate Survey. Cartographie des Invertébrés européens. Erfassung der europäischen Wirbellosen, Monks Wood Experimental Station, Huntington, 23 p. (aussi en français à la FSAE Gembloux).

I.G.M., 1951. – *Instructions sur la lecture des Cartes, l'Orientation et le repérage du Terrain. Addendum à l'avant-propos. La projection cartographique et le quadrillage militaire "Universel transverse de Mercator" (U.T.M.). Le système géodésique européen unifié*. Institut géographique militaire, Bruxelles, 19 p.

LECLERCQ (J.) & RASMONT (P.), 1984. – Contribution de l'URSS à la Cartographie des Invertébrés Européens. *Notes faun. Gembloux*, 8 : 1–32.

MARCHANT (R.), 1961. – *Notions sur la théorie des projections cartographiques à l'usage des agents cartographes*. Institut géographique militaire, Bruxelles, 89 p., 7 pls.

OFFICE OF GEOGRAPHY, 1964. – *Official standard names gazetter. France*. 2 vol., Department of the interior, Washington, U.S.A.

O.T.A.N., 1983. – *Accord de standardisation. Objet : Systèmes géodésiques, ellipsoïdes, quadrillages et systèmes de coordonnées rectangulaires*. STANAG 2211, édition 4, Bureau militaire de standardisation, sans classification.

RASMONT (P.), SPEIGHT (M.C.D.) & PICTON (B.E.), 1986. – A computer program for conversion of the Irish Transverse Mercator Projection to the Universal Transverse Mercator Projection. The Irish naturalist's Journal, 22 (2) : 45–50.

SCOTT (D.W.), sans date connue. – A programme to convert latitude to the U.T.M. grid. programme FORTRAN IV, Monks Wood Experimental Station, Abbots Ripton.

```
0 '**************************************************************************
1 '                        U     U TTTTTTT  M     M
2 '                        U     U    T     M M M M
3 '                        UUUUUUU    T     M  M  M
4 '**************************************************************************
5 '                 par Pierre RASMONT° et Joël ANDRE°°
6 '
7 '  ° Zoologie générale et Faunistique
8 '    Faculte des Sciences agronomiques de l'Etat
9 '    B-5800 Gembloux (Belgique)
10 '
11 '°° Laboratoire de Zoogéographie
12 '   Université Paul Valéry
13 '   Route de Mende
14 '   F-34032 Montpellier-cédex
15 '**************************************************************************
16 'Le programme UTM convertit les coordonnées sphériques(degrés/Greenwich,
17 'degrés décimaux/Greenwich, degrés/Madrid, grades/Paris) en coordonnées
18 'planes U.T.M. exprimées dans le système alphanumérique OTAN.
19 'On obtient une précision de 0,1 m pourvu qu'on utilise des coordonnées
20 'sphériques de la qualité requise.  Pour garder cette précision il faut
21 'veiller à utiliser le système géodésique et l'ellipsoide adéquats.  En mode
22 'standard, le programme donne les coordonnées planes kilométriques alphanumé-
23 'riques OTAN. Toutefois, les coordonnées numériques universelles en mètres
24 'sont calculées et rangées dans les variables E (=Easting) et N (=Northing).
25 'On peut accéder à E et N soit par un BREAK suivi de ?E et ?N, soit en
26 'insérant la ligne 1340 PRINT"E=";E;"  N=";N.
32 'La définition de la projection U.T.M. est celle recommandée par O.T.A.N
33 '(1983).  L'algorithme de la projection U.T.M. utilisé ici est inspiré de SCOTT
34 '(programme FORTRAN).
38 '**************************************************************************
39 '                        REFERENCES:
57 'O.T.A.N., 1983. - Accord de standardisation. Objet: Systèmes géodésiques,
58 'ellipsoïdes, quadrillages et systèmes de coordonnées rectangulaires. STANAG
59 '2211, edition 4, Bureau militaire de standardisation, sans classification.
60 'SCOTT D.W., (FORTRAN IV). - A program to convert latitude and longitude to
61 'the U.T.M. grid. Monks Wood Experimental Station, Huntington.
62 '**************************************************************************
63 'Le programme principal est constitué comme une table des matières.  Il
64 's'étend de 10000 à 10200.  Les sous-routines s'étendent de 90 à 1560.  Elles
65 'sont placées en début de programme car le BASIC est plus rapide ainsi.  A
66 'partir de 30000 s'étendent toutes les fonctions d'aide ("HELP").  On peut
67 'gagner une place considérable en éliminant toutes les lignes à partir de
68 '30000 et toutes les remarques.  Celles-ci commencent par '.
69 '**************************************************************************
70 '

71 '++++++++++++++ RESERVATIONS MEMOIRE ET FICHIER, CONSTANTES ++++++++++++++
80 CLS
81 MAXFILES=1
82 CLEAR
83 PI=3.14159265:K=PI/180:S=0:I$=CHR$(27)+CHR$(112):N$=CHR$(27)+CHR$(113)
84 DIM B$(1), Y$(2), Z$(2)
85 GOTO10000
90 '

91 '++++++++++++++++++++++++ CONVERSION DMS - DEG +++++++++++++++++++++++++
95 A=FIX(A)+(FIX((A-FIX(A))*100))/60+((A*100)-FIX(A*100))/36:RETURN
100 '

101 '+++++++++++++++++++++++++ CHOIX DE L'UNITE ++++++++++++++++++++++++++++++
105 CLS:PRINT"0=DMS/GREEN. - 1=GRD/PARIS"
110 PRINT"2=DEG/GREEN. - 3=DMS/MADRID"
```

```
120 INPUT"votre choix ";SS:IFSS=99GOTO30010
140 RETURN
150 '

160 '++++++++++++++++++++++ENTREES DES COORDONNEES+++++++++++++++++++++++++++
180 'L1=latitude en RADIANS/GREENWICH
181 'L2=longitude en RADIANS/GREENWICH
182 'Longitude de Paris  = 2°10'14''  (Greenwich)
183 'Longitude de Madrid = 3°41'16,5''(Greenwich)
200 INPUT"Localite =";B$(1):IFB$(1)="99"GOTO30050
220 INPUT"Latitude =";L3:IFL3=99GOTO30060
221 IF(SS=0 OR SS=2 OR SS=3)AND(L3>84 OR L3<-80)THENBEEP:BEEP:PRINTI$"Erreur:
UTM n'est pas définis au-delà de 84°N ou 80°S"N$:GOTO220
222 IFSS=1AND(L3>93.3333 OR L3<-88.8889)THENBEEP:BEEP:PRINTI$"Erreur: UTM n'est
pas définis au-delà de 84°N ou 80°S"N$:GOTO220
230 INPUT"Longitude=";L4:IFL4=99GOTO30080
250 IFSS=0 THEN LET G$="DMS/GR."
255 IFSS=3 THEN LET G$="DMS/MAD."
260 IFSS=1 THEN LET G$="GRD/PAR."
270 IFSS=2 THEN LET G$="DEG/GR."
280 PRINT "LT=";:PRINTUSING"###.####";L3;:PRINT"
LG=";:PRINTUSING"###.####";L4;:PRINT" ";G$;P$
285 PRINTB$(1)
290 L1=L3:L2=L4
300 IFSS=1 THEN LET L1=L3*0.9
305 A=2.2014:GOSUB90
310 IFSS=1 THEN LET L2=L4*0.9+A
320 A=L3:GOSUB90
330 IFSS=0ORSS=3 THEN LET L1=A
340 A=L4:GOSUB90
350 IFSS=0 THEN LET L2=A
355 A=3.41165:GOSUB90:MA=A:A=L4:GOSUB90
360 IFSS=3 THEN LET L2=A-MA
370 L1=K*L1:L2=K*L2
380 RETURN
400 '

410 '+++++++ SOUS-ROUTINES D'ENTREE DES PARAMETRES DES ELLIPSOIDES ++++++++++
420 'E= exentricité (e des géodésistes),
421 'D= demi grand axe de l'ellipsoïde en m (a des géodésistes),
422 'X1, X2, X3, X4 = paramètres dérivés de l'exentricité.

450 '------------- ELLIPSOIDE INTERNATIONAL (HAYFORD, 1924) -----------------
460 E=8.199188998E-2:D=6378388
461 X1=0.9983172081:X2=0.002525251575:X3=2.661454803E-6:X4=3.461562818E-
9:P$="Hayford":RETURN

490 '----------------------- ELLIPSOIDE DE CLARKE, 1866 ---------------------
500 E=8.227185424E-2:D=6378206.4
501 X1=0.9983056819:X2=0.002542555509:X3=2.69808453E-6:X4=3.533088744E-
9:P$="Cl.,1866":RETURN

510 '----------------------- ELLIPSOIDE DE CLARKE, 1880 ---------------------
520 E=8.248340015E-2:D=6378249.145
521 X1=0.9982969463:X2=0.002555670055:X3=2.726013019E-6:X4=3.5879848201E-
9:P$="Cl.,1880":RETURN

570 '------------- ELLIPSOIDE DU WORLD GEODETIC SYSTEM, 1972 -----------------
580 E=8.182018027E-2:D=6378145
581 X1=0.9983243141:X2=0.002514583653:X3=2.638997422E-6:X4=3.417950794E-
9:P$="WGS,72":RETURN
590 '
```

```
591 '++++++++++++++RECHERCHE DU MERIDIEN CENTRE DE FUSEAU++++++++++++++++++++
592 'L2=longitude en radians/Greenwich,
593 'D =méridien centre du fuseau en radians/Greenwich,
600 IFL2>=0 THEN D=3+6*INT(L2/K/6) ELSE  D=3+6*INT((360+L2/K)/6)
605 IF L1<K*56 GOTO 660

610 '----------Cas particulier de la côte occidentale de la Norvège------------
611 IFL1>K*56 AND L1<K*64 AND L2<K*12 AND L2>K*3 THEN LET D=9

620 '----------Cas particuliers de la région du Spitzberg----------------------
621 IF L1<K*72 GOTO 660
622 IF L2>=0 AND L2<K*9 THEN LET D=3
623 IF L2>=K*9 AND L2<K*21 THEN LET D=15
624 IF L2>=K*21 AND L2<K*33 THEN LET D=27
625 IF L2>=K*33 AND L2<K*42 THEN LET D=39
660 RETURN
670 '

671 '++++++++ TRANSFORMATION DE L'U.T.M. NUMERIQUE EN U.T.M. ALPHANUMERIQUE OTAN ++++
690 'VARIABLES ENTRANTES:
700 'D=meridien centre du fuseau,
701 'Q(1)=Easting en km (entier),
702 'Q(2)=Northing en km (entier),
703 'L(1)=latitude en radians/Greenwich.
704 'VARIABLES SORTANTES:
705 'Z$(0)=numéro du fuseau,
706 'Y$(0)=désignation conventionnelle de la zone horizontale de 8°,
707 'Z$(1)=lettre de l'Easting,
708 'Y$(1)=lettre du Northing,
709 'Z$(2)=Easting en km dans le carré de 100 km désigné par les lettres,
710 'Y$(2)=Northing en km dans le carré de 100 km désigné par les lettres.
720 T1=INT((D+180)/6)+1
730 IFT1>60 THEN LET T1=T1-60
740 T2=INT((INT(Q2/1000))/2)+1:Z$(0)=STR$(T1)
750 IFT0=1 THEN 790
760 T0=1+ABS(INT(L1/K/8))
770 IFL3>=0 THEN LET Y$(0) =MID$("NPQRSTUVWXX",T0,1)
780 IFL3<0 THEN LET Y$(0)=MID$("MLKJHGFEDC",T0-1,1)
790 T3=Q2-((T2-1)*2000):J=INT(T3/100)+1:I=(INT(T1/2))*2
800 IFI=T1 THEN 830
810 Y$(1)=MID$("ABCDEFGHJKLMNPQRSTUV",J,1)
820 GOTO840
830 Y$(1)=MID$("FGHJKLMNPQRSTUVABCDE",J,1)
840 Y$(2)=STR$(Q2-INT(Q2/100)*100)
850 T=INT(Q1/100):I=0
860 FORI=1TO60
870 IFI>1 THEN LET I=I+2
880 IFT1=ITHEN920
890 IFT1=I+1THEN930
900 IFT1=I+2THEN940
910 NEXT I
920 Z$(1)=MID$("ABCDEFGH",T,1):GOTO950
930 Z$(1)=MID$("JKLMNPQR",T,1):GOTO950
940 Z$(1)=MID$("STUVWXYZ",T,1)
950 Z$(2)=STR$(Q1-(T*100)):I=60:NEXTI:GOSUB1260:RETURN
960 '

961 '+++++++++++++++++ CALCUL DE LA PROJECTION U.T.M. +++++++++++++++++++++
970 'VARIABLES ENTRANTES:
978 'K=PI/180,
979 'D=centre du fuseau en radians/Greenwich,
981 'L(1)=latitude en radians/Greenwich,
982 'L(2)=longitude en radians/Greenich,
```

```
983 'F(0)=0 (par convention, F0=1E7 dans l'hémisphère sud),
984 'F(1)=exentricité ellipsoïde (e2),
985 'F(2)=grand rayon ellipsoïde (A),
986 'F(3)=5E5(valeur conventionnelle ajoutée à l'Easting pour obtenir des
987 'valeurs toujours >0,
988 'F(4)=0.9996 (altération d'échelle),989'T(0)=0
990 'X1, X2, X3, X4 = paramètres dérivés de l'exentricité(varient selon
991 'ellipsoïde),
992 'VARIABLES SORTANTES:
993 'Q(1)=Easting en km (entier),
994 'Q(2)=Northing en km (entier),
995 'E=Easting en m (réel),
996 'N=Northing en m (réel).
1120 E=K*D:F0=0:T0=0
1130 H1=SIN(L1):H2=COS(L1):H3=(H1/H2)^2
1140 K1=F1*H2^2/(1-F1):K2=F2/SQR(1-F1*H1^2):L=L2-E
1150 IF((ABS(L))-PI)<=0 THEN 1170
1160 L=L-2*PI*SGN(L)
1170 M1=L*H2:M2=M1^2:N=(13-64*H3+K1*(4-24*H3))*K1+14-58*H3
1180 P1=M1*(1+M2/6*(1-H3+K1+M2/20*(5-H3*(18-H3)+K1*N)))
1190 P1=F3+K2*F4*P1
1200 P2=X1*L1-X2*SIN(2*L1)+X3*SIN(4*L1)-X4*SIN(6*L1):P3=0
1210 P4=1+M2/12*(5-H3+K1*(9+4*K1))
1220 IFL3<0 THEN LET F0=1E7
1230 P4=F0+F4*(F2*(P2-P3)+K2*0.5*L*M1*H1*P4)
1240 Q1=INT(P1*0.001):Q2=INT(P4*0.001):E=P1:N=P4
1250 RETURN
1260 '

1261 '+++++++++++++ FORMATAGE DE LA SORTIE ET IMPRESSION ++++++++++++++++++
1262 'Z$(0)=numéro du fuseau,
1263 'Y$(0)=désignation conventionnelle de la zone horizontale de 8°,
1264 'Z$(1)=lettre de l'Easting,
1265 'Y$(1)=lettre du Northing,
1266 'Z$(2)=Easting en km dans le carré de 100 km désigné par les lettres,
1267 'Y$(2)=Northing en km dans le carré de 100 km désigné par les lettres,
1268 'X$=coordonnées UTM complètes.
1290 IF LEN(Y$(2))=2 AND LEFT$(Y$(2),1)=" " THEN LET Y$(2)=" 0"+RIGHT$(Y$(2),1)
1300 IF LEN(Z$(2))=2 AND LEFT$(Z$(2),1)=" " THEN LET Z$(2)=" 0"+RIGHT$(Z$(2),1)
1310 X$=Z$(0)+" "+Y$(0)+" "+Z$(1)+Y$(1)+Z$(2)+Y$(2)
1320 BEEP
1330 PRINTX$
1360 RETURN
1500 '

1501 '+++++++++++++++++++++++ ECRITURE SUR FICHIER +++++++++++++++++++++++++
1505 OPEN"RAM:LOCA.DO"FOR APPEND AS 1
1510 CO$=" "
1515 INPUT"Fichez-vous cette donnée (O ou N)";SB$:IFSB$="99"GOTO30100
1517 IFLEFT$(SB$,1)="N"THENGOTO1560
1520 INPUT"Code région";RE$:IFRE$="99"GOTO30110:IFLEN(RE$)<4THENRE$=RE$+"    "
1530 INPUT"Commentaire";CO$:IFCO$="99"GOTO30120
1540 UT$=Z$(1)+Y$(1)+RIGHT$(Z$(2),2)+" "+RIGHT$(Y$(2),2)+" "+LEFT$(RE$,4)+" "
1550 PRINT# 1,UT$;:PRINT#1,USING"ç                                    ç";B$(1)
;:PRINT#1,USING"ç                          ç";CO$
1560 CLOSE1:RETURN

10000 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
10010 '+++++++++++++++++++ PROGRAMME PRINCIPAL +++++++++++++++++++++++++++++
10020 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

10030 PRINT"…-------------------------------------ª";
10040 PRINT"! PROJECTION U.T.M., SYSTEME O.T.A.N.  !";
```

```
10050 PRINT"!Copyright Pierre RASMONT & Joël ANDRE !";
10060 PRINT"!Cartographie des Invertébrés européens!";
10070 PRINT"!        "CHR$(27)CHR$(112)"pour de l'aide taper"CHR$(27)CHR$(113)" 99
10080 PRINT"!                                      !";
10090 PRINT"»--------------------------------------º";

10094 '                                         CHOIX DE L'OPTION FICHIER
10095 INPUT"1=Ecriture sur fichier sinon entrez 0";SA:IFSA=99GOTO30130
10096 CLS
10097 '                                         CHOIX DE L'ELLIPSOIDE
10100 INPUT"0=Hayf.;1=WGS;2=Cl.,1866;3=Cl.,1880";S:IFS=99GOTO30150
10110 ON S+1 GOSUB 460,580,490,520:'            LECTURE PARAMETRES ELLIPSOIDE
10130 GOSUB100:'                                CHOIX DE L'UNITE
10135 CLS
10140 F0=0:F1=E^2:F2=D:F3=5E5:F4=0.9996:T0=0:'  ENTREE DE CONSTANTES
10150 GOSUB200:'                                ENTREE DES COORDONNEES
10160 GOSUB600:'                                RECHERCHE CENTRE FUSEAU
10170 GOSUB1120:'                               CALCUL DE LA PROJECTION U.T.M.
10180 GOSUB720:'                                DE U.T.M. NUMERIQUE EN
                                                ALPHANUMERIQUE
10190 IFSA=1THENGOSUB 1500:'                    ECRITURE OPTIONNELLE SUR FICHIER
10200 GOTO 10150

30010 CLS:PRINT   "DMS/GREEN. = degrés.minutes.secondes/
                             Greenwich."
30020 PRINT "DEG/GREEN. = degrés décimaux/Greenwich.
         GR/PARIS   = grades/Paris (IGN)."
30030 PRINT "DMS/MADRID = degrés.minutes.secondes/
                             Madrid.
         TAPEZ "I$"enter"N$"";
30040 INPUTXX:CLS:GOTO105
30050 CLS:PRINT "Entrez le nom de la localité en maximum
         36 caractères.
         Non obligatoire s'il n'y a pas
         d'écriture sur fichier.
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX:CLS:GOTO200
30060 CLS:PRINT "Suivant l'option, entrez la latitude
         (négative dans l'hémisphère sud) en
         degrés, en grades ou en degrés décimaux."
30065 PRINTI$   "ATTENTION"N$": la projection UTM n'est pas
         définie au-delà de 84° de latitude nord
         en-deçà de 80° de latitude sud  EXEMPLES:
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX
30070 CLS:PRINT "pour 50°43'21'' nord, ENTREZ  50.4321
         pour 5°33'3,32''nord, ENTREZ   5.330332
         pour 15°7'       nord, ENTREZ  15.07"
30075 PRINT      "pour 23°15'      sud , ENTREZ -23.15
         pour 45g23'1''  nord, ENTREZ  45.2301
         pour 47,3452g   nord, ENTREZ  47.3452
         pour 35,3546°   nord, ENTREZ  35.3546
                             TAPEZ  "I$"enter"N$"";:INPUTXX:GOTO220
30080 CLS:PRINT "Suivant l'option, entrez la longitude
         (négative dans l'hémisphère ouest) en
         degrés, en grades ou en degrés décimaux."
30085 PRINTI$   "ATTENTION AUX DIFFERENTS POINTS DE
         REFERENCES "N$"(Greenwich, Paris ou Madrid)
         EXEMPLES:          TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX
30090 CLS:PRINT "pour 6°43'21''  est   , ENTREZ  6.4321
         pour 5°33'3,32''ouest, ENTREZ -5.330332
               ou 354.265668"
```

```
30095 PRINT "pour 15°7' est  , ENTREZ 15.07
             ou 344.53
         pour 5g23'1''   est  , ENTREZ  5.2301
         pour 1,3452g    ouest, ENTREZ -1.3452
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX:GOTO230
30100 CLS:PRINT "Répondre par OUI ou par NON (O ou N).
         Si la réponse est OUI (ou O) la donnée
         sera stockée à la fin d'un fichier
         LOCA.DO.  Si ce fichier n'existe pas
         encore, il sera créé.
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX:GOTO1515
30110 CLS:PRINT"Entrez ici un code pour la région (par
         exemple le numéro du département)
         en 4 caractères.
         TAPER "I$"enter"N$"";:INPUTXX:GOTO1520
30120 CLS:PRINT"Par exemple le nom de la commune où se
         trouve le lieu-dit ou le nom
         vernaculaire de l'endroit.
         Maximum 40 caractères.
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX:GOTO1530
30130 CLS:PRINT   "L'option 'Ecriture sur fichier' entraine
         l'ouverture d'un fichier LOCA.DO où les
         données seront rangées sous un format défini:
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX
30140 CLS:PRINT "coordonnées UTM = 6  caractères,
         code province   = 4  caractères,
         localité        = 36 caractères,
         commentaire     = 40 caractères."
30145 PRINT     "Si le fichier LOCA.DO n'existe pas
         encore, il est créé.
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO10095
30150 CLS:PRINT "Hayf.:                          " I$
         "ellipsoïde international (Hayford, 1924)"N$;
30160 PRINT "  On l'utilise associé aux coordonnées
         European Data pour les pays  d'Europe Oc-
         cidentale, tous les pays de la Méditer-
         ranée (sauf Maroc, Algérie, l'Irak et l'Iran.
         On l'utilise associé
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX
30170 CLS:PRINT "  à d'autres systèmes géodésiques en
         Afghanistan, Madagascar, Taiwan,
         Nouvelle-Zélande, Hawaii, Amérique du
         Sud, Antarctique et au Groenland
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX
30180 CLS:PRINT "WGS:                            " I$
         "ellipsoïde du World Geodetic System,1972"N$;
30190 PRINT     "On l'utilise associé aux coordonnées WGS
         dans les océans et toutes les îles océa-
         niques, en Arabie Saoudite, en Chine, en
         URSS, et, éventuellement, en Finlande et
         en Europe de l'Est. Il doit petit à
         petit remplacer
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX
30200 CLS:PRINT "l'ellipsoïde international associé aux
         European data.
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX
30210 CLS:PRINT "Cl.1866:                        " I$
         "        ellipsoïde de Clarke, 1866       "N$
30220 PRINT     "On l'utilise associé à divers systèmes
         géodésique pour tous les pays d'Afrique
         sauf la Lybie, l'Egypte, Madagascar et
         l'Arabie Saoudite.
         TAPEZ "I$"enter"N$"";:INPUTXX
```

```
30230 CLS:PRINT "Cl.1880:                          " I$
         "       ellipsoïde de Clarke, 1880         "N$
30240 PRINT      "On l'utilise en Amérique du Nord, Améri-
         que Centrale, aux Philippines et aux
         Mariannes.        TAPEZ"I$"enter"N$"";:INPUTXX:CLS:GOTO10100
```

```
1 '**************************************************************************
2 '                         M     M  TTTTTTT  U     U
3 '                         M M M M     T     U     U
4 '                         M  M  M     T     UUUUUUU
5 '**************************************************************************
6 '                    par Pierre RASMONT° et Joël ANDRE°°
7 '  °  Zoologie générale et Faunistique
8 '     Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat
9 '     B-5800 Gembloux (Belgique)
10 '
11 '  °° Laboratoire de Zoogéographie
12 '       Université Paul Valéry
13 '       Route de Mende
14 '       F-34032 Montpellier-cédex
15 ''*************************************************************************
16 'Le programme MTU convertit les coordonnées planes U.T.M. alphanumériques en
17 'coordonnées sphériques (degrés/Greenwich, degrés décimaux/Greenwich,
18 'degrés/Madrid, grades/Paris). A l'opposé du programme UTM qui est utilisable
19 'dans la majeure partie du monde, le programme MTU ne travaille qu'entre 6°de
20 'longitude ouest et 12° de longitude est et entre 36°7' et 54° de latitude
21 'nord (des coordonnées U.T.M. TF3000 au sud-ouest dans la région de Gibraltar
22 'jusqu'à PE9999 au nord-est dans la région de Travemünde) c'est à dire dans
23 'les pays suivants:  Andorre, Belgique, France, Lichtenschtein, Luxembourg,
24 'Pays-Bas, Suisse, îles Baléares, Corse, Sardaigne, île d'Elbe; dans de
25 'très larges parties de l'Allemagne fédérale, de l'Espagne et de l'Italie;
26 'dans une petite partie de l'Allemagne de l'Est et de l'Autriche.
27 'MTU calcule avec une précision de 1 m.  Il faut rester attentif au système
28 'géodésique employé: sur le territoire étudié on utilise toujours l'Ellip-
29 'soïde International (Hayford, 1924).  On retrouvera des coordonnées sphéri-
30 'ques European Data seulement si on repart de coordonnées U.T.M. calculées à
31 'partir de celles-ci.  De même, on retrouvera des coordonnées I.G.N.
32 '(France) en grades/Paris si les coordonnées planes ont été calculées au départ
33 'de ces dernières.  Si l'on est pas sûr de l'origine des coordonnées, la
34 'devient aléatoire (le plus souvent aux environs de 100 m).
35 'En mode standard, le programme donne les coordonnées sphériques mais les
36 'coordonnées U.T.M. numériques universelles sont calculées et rangées dans les
37 'variables E (=Easting) et N (=Northing). On peut accéder à E et N soit par
38 'un BREAK suivi de ?E et ?N, soit en insérant la ligne 955PRINT"E=";E;"N=";N.
39 'La définition de la projection U.T.M. est celle recommandée par O.T.A.N.(1983).
40 'L'algorithme de la projection U.T.M. inverse est inspiré de MOUTON (programme
41 'BASIC, com. pers., 1983).
45 '**************************************************************************
46 '                              REFERENCE:
47 'O.T.A.N., 1983. - Accord de standardisation.  Objet: systèmes géodésiques,
48 'ellipsoïdes, quadrillages et systèmes de coordonnées rectangulaires. STANAG
49 '2211, édition 4, Bureau militaire de standardisation, sans classification.
50 '**************************************************************************
51 'Le programme principal est constitué comme une table des matières.  Il
52 's'étend de 10000 à 10200. Les sous-routines s'étendent de 70 à 1560.  Elles
53 'sont placées en début de programme car le BASIC est plus rapide ainsi.  A
54 'partir de 30000 s'étendent les fonctions d'aide ("Help").  On peut gagner
55 'beaucoup de place en éliminant toutes les lignes à partir de 30000 et toutes
56 'les remarques.  Ces dernières commencent par '.
57 '**************************************************************************
69 '

70 '+++++++++++++++++++ RESERVATIONS MEMOIRE ET FICHIER, CONSTANTES ++++++++++
72 CLS:MAXFILES=1:CLEAR:I$=CHR$(27)+CHR$(112):N$=CHR$(27)+CHR$(113)
73 DIM Y$(3),B$(1),Y(2)
74 GOTO10000
75 '

76 '++++++++++++++++++ CHOIX DE L'UNITE ANGULAIRE ++++++++++++++++++++++++++++
```

```
77 PRINT"0=DMS/GREEN. - 1=GRD/PARIS":PRINT"2=DEG/GREEN. - 3=DMS/MADRID"
78 INPUT"votre choix ";SS:IFSS=99GOTO30010
79 RETURN
80 '

81 '+++++++++++++ ELLIPSOIDE INTERNATIONAL (HAYFORD, 1924) +++++++++++++++++
82 'E= exentricité (e des géodésistes),
83 'D= demi grand axe de l'ellipsoïde en m (a des géodésistes).
85 E=8.199188998E-2:D=6378388:RETURN
90 '

91 '+++++++++++++++++++++CONVERSION DE DEG EN DMS+++++++++++++++++++++++++
95 A=FIX(A)+FIX(((A-FIX(A))/10*6)*100)/100+(((A-FIX(A))/10*6)*100 - FIX(((A-
FIX(A))/10*6)*100))*6/
1000:RETURN
100 '
101 '+++++++++++++DE U.T.M. ALPHANUMERIQUE EN U.T.M. NUMERIQUE +++++++++++++++++++
102 'VARIABLES ENTRANTES:
103 'Y$(1)= lettre de l'easting,
104 'Y$(0)= lettre du northing,
105 'Y(2)= abcisse en km,
106 'Z1= ordonnée en km.
107 'VARIABLES SORTANTES:
108 'E= easting en m,
109 'N= northing en m,
110 'D= méridien centre du fuseau.
111 'REMARQUES:  D1 influence la gamme de latitude d'application du programme,
112 'en fixant D1=4, par exemple, le programme travaille de 54° à environ
113 '74° nord.  On peut ajuster cette gamme de latitude de manière plus précise
114 'en permutant les lettres de B$(0) aux lignes 110 et 160.  On peut aussi
115 'modifier les fuseaux dans lesquels le programme travaille en modifiant les
116 'valeurs de D (méridien centre de fuseau) des lignes 150, 160 et 170. En
117 'fixant D=15 à la ligne 150, le programme s'applique de 0° à 18°.  Avec
118 'D=354 en 170, il s'applique de -12° à 6°est.
119 'Le programme MTU travaille en fait dans une fenêtre de 2000 km de "haut"
120 'sur 3 fuseaux de large.  Le centrage de cette fenêtre, ici fixe, peut
121 'être rendu variable par introduction d'une sous-routine de choix du
122 'fuseau et de la "tranche" de 2000km.
125 B$(0)="FGHJKLMNPQRSTUVABCDE":D0=0:D1=3
130 FOR I=1 TO 24
135 IF Y$(1)=MID$("STUVWXYZABCDEFGHJKLMNPQR",I,1)THENLETD0=I:I=24
140 NEXT I
150 IFD0<9THENLETB$(1)="STUVWXYZ":D=357
160 IFD0>8AND D0<17THENLETB$(1)="ABCDEFGH":B$(0)="ABCDEFGHJKLMNPQRSTUVWXYZ":D=3
170 IFD0>16THENLETB$(1)="JKLMNPQR":D=9
180 FOR I=8 TO 20 STEP 12
190 FOR J=1 TO I
200 K=1
210 IF I=20 THEN LET K=0
220 IFY$(K)<>MID$(B$(K),J,1)GOTO240
230 Y(K)=J:GOTO250
240 NEXTJ
250 NEXTI
260 Z0=Y(0)-1+20*(D1-1)
270 E=1000*(100*Y(1)+Y(2)):N=1000*(100*Z0+Z1)
280 RETURN
300 '

301 '+++++++++++++++++ ENTREE DES COORDONNEES U.T.M. ++++++++++++++++++++++++
302 'Y$(3)=coordonnées U.T.M. alphanumériques complètes,
303 'Y$(1)= lettre de l'easting,
304 'Y$(0)= lettre du northing,
305 'Y(2)= abcisse en km,
```

```
306 'Z1= ordonnée en km,
307 'LO$= nom de la localité,
310 INPUT"Localité =";LO$:IFLO$="99"GOTO30050
320 IFPR=0THENINPUT"Coordonnées UTM (en km)=";Y$(3)ELSEINPUT"Coordonnées UTM (en m)=";Y$(3)
325 IFY$(3)="99"GOTO30060
330 Y$(1)=LEFT$(Y$(3),1):Y$(0)=MID$(Y$(3),2,1):ER$=I$+"Erreur de précision"+N$
340 IFPR=0THENLETY(2)=VAL(MID$(Y$(3),3,2)): Z1=VAL ( MID$(Y$(3),5,2)): IFLEN(Y$(3))<>
6THENBEEP:PRINTER$:GOTO320
350 IFPR=1THEN LET Y(2)=(VAL(MID$(Y$(3),3,5)))/1000: Z1=(VAL(MID$(Y$(3),8,5)))/1000:
IFLEN(Y$(3))<>12THENBEEP:PRINTER$:GOTO320
360 RETURN
400 '

401 '+++++++++++++++++++++ PROJECTION INVERSE U.T.M. +++++++++++++++++++++++++
402 'VARIABLES ENTRANTES:
403 'E= easting en m,
404 'N= northing en m,
405 'D= méridien centre du fuseau.
406 'VARIABLES SORTANTES:
407 'P1= latitude en degrés décimaux,
408 'L4= longitude en degrés décimaux/Greenwich.
410 K1=F2:K2=F2^2:K3=F2^3:K4=F2^4:K5=F2^6:K6=F2^6
420 M0=N/(AA*(1-F0)*F2)
430 P0=M0/X0
440 M1=X0*P0-X1/2*SIN(2*P0)+X2/4*SIN(4*P0)-X3*SIN(6*P0)
450 M2=M0-M1:M3=M2/X0:M2=ABS(M2*AA*(1-F0)*F2):P0=P0+M3
460 IFM2>=0.001GOTO440
470 S0=SIN(P0):S1=S0^2:C0=COS(P0):C1=C0^2:C2=C0^4:T0=TAN(P0)
480 T1=T0^2:T2=T0^4:M4=AA/SQR(1-F0*S1)
490 M5=T0/(2*M4^2*K2)*(1+F0*C1)*1E12
500 M6=5+3*T1+6*F1*C1-6*F1*S1-3*F1^2*C2-9*F1^2*C1*S1
510 M6=T1/(24*M4^4*K4)*1E24*M6
520 M7=1E6/(M4*F2*C0)
530 M8=1/(C0*6*(M4^3)*K3)*(1+2*T1+F1*C1)*1E18
540 IFE>5E5THENLETK0=E-5E5
550 IFE<=5E5THENLETK0=5E5-E
560 Q=K0*1E-6
570 L0=45*F1*T1*S1
580 L0=61+90*T1+45*T1+45*T2+107*F1*C1-162*F1*S1-L0
590 L0=Q^6/(720*M4^6*K6)*T0*1E36*L0
600 L1=1/(C0*120*M4^5*K5)*(5+28*T1+24*T2+6+F1*C1+8*F1*S1)
610 L1=Q^5*L1*1E30
620 P1=P0-M5*Q^2+M6*Q^4-L0
630 K=180/3.14159:P1=P1*K
640 L3=M7*Q-M8*Q^3+L1
650 FOR I=3 TO 357 STEP 6
660 IF D<>IGOTO 710
670 IF E>5E5THENLETL4=D+K*L3
680 IF E<=5E5THENLETL4=D-K*L3
690 IF D=I GOTO 720
700 IF D=357THENLET I=351
710 NEXTI:GOTO730
720 I=357:NEXTI
730 IFL4>180THENLETL4=L4-360
740 RETURN
800 '

801 '++++++++++++++++++ CALCUL DES PARAMETRES DERIVES DE L'EXCENTRICITE +++++++
802 X0=1+3/4*E^2+45/64*E^4+175/256*E^6+11025/16384*E^8+43659/65536*E^10
803 X1=3/4*E^2+15/16*E^4+525/512*E^6+2205/2048*E^8+72705/65536*E^10
804 X2=15/64*E^4+105/256*E^6+2205/4096*E^8+10395/16384*E^10
805 X3=35/512*E^6+315/2048*E^8+31185/131072*E^10
806 RETURN
```

```
900 '

901 '+++++++++++++++++ FORMATAGE ET AFFICHAGE DES RESULTATS+++++++++++++++++++
902 'VARIABLES ENTRANTES:
903 'SS= choix de l'unité angulaire,
904 'P1= latitude en degrés décimaux,
905 'L4= longitude en degrés décimaux/Greenwich,
906 '2,337222222= longitude de Paris en degrés décimaux/Greenwich,
907 '3,687916667= longitude de Madrid en degrés décimaux/Greenwich.
908 'G$= unité angulaire choisie (6 lettres),
909 'U$= initiales de l'unité angulaire choisie,
910 'P1= latitude dans l'unité choisie,
911 'L4= longitude dans l'unité choisie.
915 IFSS=0THENLETG$=" DMS/G.":U$="°G":A=P1:GOSUB90:P1=A:A=L4:GOSUB90:L4=A
920 IFSS=1THENLETG$=" GRAD/P.":U$="gP":P1=P1/0.9:L4=(L4-2.33722222)/0.9
930 IFSS=2THENLETG$=" DEG/G.":U$="DG"
940 IFSS=3THENLETG$=" DMS/M.":U$="°M":A=P1:GOSUB90:P1=A:A=L4+3.687916667:GOSUB90:L4=A
950 BEEP:BEEP
960 PRINT USING "###.####";P1;
970 PRINT" nord ";
971 PRINT USING"###.####";L4;
972 PRINT " est ";G$
973 RETURN
1500 '

1501 '++++++++++++++++++++++ECRITURE SUR FICHIER +++++++++++++++++++++++++++
1502 'P1= latitude dans l'unité choisie,
1503 'L4= longitude dans l'unité choisie,
1504 'RE$= code région,
1505 'CO$= commentaire,
1506 'LO$= localité.
1510 OPEN"RAM:LOCB.DO"FOR APPEND AS 1
1512 CO$=" "
1515 INPUT"Fichez-vous cette donnée (O ou N)
";SB$:IFSB$="99"GOTO30100ELSEIFSB$="N"ORSB$="NON"GOTO1560
1520 INPUT"Code région";RE$:IFRE$="99"GOTO30110
1525 IFLEN(RE$)<4THENLETRE$=RE$+"    "
1530 INPUT"Commentaire";CO$:IFCO$="99"GOTO30120
1540 'PRINT#1,USING"ç           ç";Y$(3);
1541 PRINT#1,U$;:PRINT#1,USING"##.####";P1;L4;
1542 PRINT#1,USING"ç   ç";" "+RE$;:PRINT#1," ";
1543 PRINT#1,USING"ç                                    ç";LO$;CO$
1560 CLOSE1:RETURN

10000 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
10001 '++++++++++++++++++++++++ PROGRAMME PRINCIPAL +++++++++++++++++++++++++
10002 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++

10030 PRINT"…---------------------------------------ª";
10031 PRINT"!    MTU   PROJECTION U.T.M. INVERSE   !";
10032 PRINT"!Copyright Pierre RASMONT & Joël ANDRE !";
10033 PRINT"!Cartographie des Invertébrés européens!";
10034 PRINT"!        "I$"pour de l'aide taper"N$" 99       !";
10035 PRINT"!                                      !";
10036 PRINT"»---------------------------------------º";

10080 INPUT"1=Ecriture sur fichier sinon ENTER";SA:CLS:IFSA=99GOTO30130
10090 INPUT"Précision désirée: 0=km, 1=m ";PR:IFPR=99GOTO30160
10100 GOSUB80:'                          LECTURE PARAMETRES DE L'ELLIPSOIDE
10110 GOSUB801:'                         CALCUL PARAMETRES DERIVES EXCENTRICITE
10120 GOSUB75:'                          CHOIX DE L'UNITE ANGULAIRE
10130 F0=E^2:F1=6.768170197224E-3:F2=0.9996:AA=D
10140 GOSUB300:'                         ENTREE DES COORDONNEES U.T.M.
```

```
10150 GOSUB100:'                        DE U.T.M. ALPHANUMERIQUE EN NUMERIQUE
10160 GOSUB400:'                        PROJECTION INVERSE U.T.M.
10170 GOSUB900:'                        IMPRESSION
10180 IFSA=1THENGOSUB1500:'             ECRITURE SUR FICHIER
10200 GOTO10140
30000 '

30001 '++++++++++++++++++++++ FONCTIONS D'AIDE ++++++++++++++++++++++++++
30010 CLS:PRINT"DMS/GREEN. = degrés.minutes.secondes/
         Greenwich
         GR/PARIS   = grades/Paris
         DEG/GREEN. = degrés décimaux/Greenwich
         DMS/MADRID = degrés.minutes.secondes/
         Madrid.            TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO75
30050 CLS:PRINT"Entrez le nom de la localité en
         maximum 36 caractères.
         Non obligatoire s'il n'y a pas
         d'écriture sur fichier.
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO310
30060 CLS:PRINT"Suivant l'option entrez les coordonnées
         UTM "I$"sans le fuseau et sans la zone"N$"
30065 PRINT "  Les coordonnées kilométriques ont 2
         lettres et 4 chiffres (2 chiffres pour
         l'Easting + 2 pour le Northing).
         Exemples: ES9532, FJ9901, etc.
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX
30070 CLS:PRINT "Les coordonnées métriques ont 2 lettres
         et 10 chiffres (5 chiffres pour
         l'Easting + 5 pour le Northing).
         Exemples: ES9542332985, FJ9900301879,
         etc...
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO320
30100 CLS:PRINT "Après avoir vérifié la vraisemblance du
         résultat, répondez par OUI ou par NON
         (O ou N).  Si la réponse est OUI (ou O)
         la donnée sera stockée à la fin d'un"
30105 PRINT "fichier LOCB.DO.  Si ce fichier n'existe
         pas encore il sera créé.
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO1515
30110 CLS:PRINT"Entrez ici un code pour la région
         (par exemple le numéro du département)
         en 4 caractères.
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO1520
30120 CLS:PRINT"Par exemple le nom de la commune où se
         trouve le lieu-dit ou le nom
         vernaculaire de l'endroit.
30130 CLS:PRINT"L'option 'Ecriture sur fichier' entraîne
         l'ouverture d'un fichier LOCB.DO où les
         données seront rangées sous un format défini:
                TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX
30140 CLS:PRINT"Unité angulaire = 2 caractères,
         latitude  nord  = 7 caractères,
         longitude est   = 7 caractères,
         code province   = 4 caractères,"
30145 PRINT"localité        =36 caractères,
         commentaire     =36 caractères.  Si le
         fichier LOCB.DO n'existe pas, il est
         créé               TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO10080
30160 CLS:PRINT"Précision kilométrique: il s'agit des
         coordonnées UTM à 2 lettres et 4
         chiffres, par exemple ES9532.  On l'uti-";
30165 PRINT"lisera aussi pour le calcul du
         centre      des carrés UTM décakilométriques.
```

```
         Exemple: le centre du carré FS10 se
         trouve en FS1505. TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX;
30170 CLS:PRINT"Précision métrique: il s'agit de coor-
         données à 2 lettres et 10 chiffres, par
         exemple FS9598232456.  On l'utilisera
         aussi pour connaître le centre d'un";
30175 PRINT"carré kilométrique; exemple: le centre
         du carré FS9532 est en FS9550032500. On peut
         aussi l'utiliser pour connaître une
         coordonnée hectométrique, TAPEZ"I$"enter"N$;:INPUTXX;
30180 CLS:PRINT"par exemple pour calculer la coordonnée
         FS952321, entrez FS9520032100, pour la
         coordonnée exacte, ou FS9525032150 pour
         le centre du carré FS952321.
         TAPEZ "I$"enter"N$;:INPUTXX:GOTO10090
```



LAS BASES DE DATOS RELACIONALES "SPENDATA.DBF" Y "BIENDATA.DBF" COMO METODO INFORMATICO PARA CONOCER AREAS DE INTERES FAUNISTICO. APLICACION A LOS HYDRADEPHAGA (COLEOPTERA).

J.A. REGIL CUETO, M.A. CHARRO GORGOJO, J. GARRIDO GONZALEZ

Departamento de Biología Animal
Facultad de Biología
Universidad de León
24071 León
ESPAÑA

Este artículo se ha beneficiado de una Ayuda de la Comisión Mixta Diputación-Universidad para Proyectos de Investigación-Convocatoria 1986/87.
Tambien del Proyecto de C.A.I.C.Y.T. n° PR 84-0921-CO2-01.

RESUMEN.

El desarrollo de dos archivos informáticos denominados **SPENDATA.DBF** y **BIENDATA.DBF**, que recogen datos taxonómicos y bibliográficos respectivamente, - se han aplicado a los coleópteros adéfagos acuáticos, pero son extensibles a otros taxones biológicos -, es utilizado como método para la vigilancia de espacios con gran interés faunistico, siempre que se materialice el organigrama que exponemos en este artículo.

Ambos archivos presentan una configuración abierta lo que permite su interrelación y al mismo tiempo la incorporación/eliminación de campos según criterio de cada investigador.

PALABRAS CLAVE :
Bases de datos. Coleópteros adéfagos acuáticos. Insecta.

RESUME.

Dans cet article on présente deux fichiers informatiques **SPENDATA.DBF** et **BIENDATA.DBF** qui regroupent respectivement les données taxonomiques et bibliographiques.

Ils sont appliqués aux hidrocanthares, mais ils sont extensibles à d'autres taxons biologiques.

Ils peuvent aussi être utilisés pour l'identification spécifique et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique.

Les deux fichiers présentent une configuration ouverte qui permet une relation entre eux et en même temps l'inclusion/élimination de leurs "fields names" ou champs informatiques.

MOTS-CLEFS :
Banque de données. Coléoptères hydrocanthares. Insecta.

INTRODUCCION.

El tratamiento de la información por medio de bases de datos*, responde a la necesidad, manifestada por sus usuarios de transformar de modo rápido, éconómico y seguro la dispersión de datos en resultados concretos capaces de ser directa o indirectamente utilizados.

Aunque gestión de base de datos es un término informático también se puede aplicar a las distintas formas en que se clasifica, se almacena y se usa la información. En el nucleo de todo sistema de gestion de informacion existe una base de datos.

Este artículo describe un modelo de sistema de gestión de base de datos informatizado y que permite almacenar y recuperar la información entomológica u otra, de forma más eficiente que el sistema tradicional, con la posibilidad de abarcar multitud de aspectos que anteriormente eran abordados de forma sucinta, lo que impedía fijar otras ideas globalizadoras (v. gr. : bioindicadores, taxones en expasión o regresión geonémica ; espacios naturales con interés faunístico...).

I. OBJETIVOS.

Las razones fundamentales que estímulan el empleo generalizado en distintos ambitos cientificos de las bases de datos se debe, sin duda, a :

- Que permiten unificar todas las informaciones de una misma linea de investigación, evitando la repetición de información entre los investigadores de la misma área de conocimiento.

- Que establecen distintas relaciones tendentes siempre a implementar el sistema.

Nuestra investigación se centra en poner a punto un sistema de gestión de datos, válido para otras disciplinas biológicas con requerimientos taxonómicos y que nosotros aplicamos a la identificación y estudio de la distribución de taxones pertenecientes a la adefagofauna acuática de coleópteros, capaz de suministrar a investigadores e Instituciones de cualquier país, la información existente sobre la materia objeto de investigación.

**Cara a la creación y explotación de estas bases de datos los autores desarrollan lo que se considera a efectos informáticos dos tipos de lenguajes : de descripción de la base y de utilización.*

El modelo asi elaborado, actualizado regular y automáticamente permite reflejar la evolución en el espacio y en el tiempo de aquellos taxones que ocupan posiciones claves en los ecosistemas e inclusive determinar el valor faunístico de las especies presentes y la prioridad de su análisis.

II. METODOLOGIA.

El registro (record) constituye la información elemental en las bases de datos **SPENDATA. DBF** y **BIENDATA. DBF**.

Un archivo con registros de especies y subespecies, un lote de fichas con nombres y apellidos de autores, un catálogo de países y region zoogeográfica en que se hallan incluidos son todo bases de datos. Sin embargo el archivo, el conjunto de fichas o el catálogo no constituyen en sí mismo la base de datos ; lo que determina su conversión en bases de datos es la forma en que se organiza la información en ellos.

Estos objetos, como los archivos, fichas o catálogos, simplemente contribuyen a organizar la información del mismo modo en que el paquete software **dBASE III Plus** constituye un medio auxiliar.

En una base de datos la información, normalmente, se organiza y se distribuye en una tabla compuesta por filas y columnas. En la tabla I, expresamos una lista de especies en forma de base de datos :

GENERO	ESPECIE	AUTOR Y AÑO DE DESCRIPCION
Andogyrus	ellipticus	(Brullé, 1836)
Macrogyrus	gayi	(Solier, 1849)
Gyrinus	gayi	Solier, 1849
Andogyrus	gayi	(Solier, 1849)

Tabla I. : Una base de datos simple con taxones entomológicos.

Cada fila está relacionada con las otras porque todas ellas contienen el mismo tipo de información establecida en un orden determinado – columna de nombres genéricos, columna de nombres específicos, columnas de datos de autor y fechas de descripción – se trata de una base de datos.

Las filas son **registros** y las columnas son **campos**.

En teoría cualquier base de datos esta dispuesta de tal forma que la información sea fácil de encontrar.

Quién esté interesado en saber como nuestras bases de datos pueden almacenar y recuperar la información de forma más eficiente que la tradicional de archivos, fichas, catálogos, etc..., podrá comprobar que nuestro organigrama con el **dBASE III Plus** le proporciona numerosas ventajas. Cuando las bases de datos se implementan en un ordenador, los inconvenientes derivados de la dispersión de objetos que almacenan la información desaparecen bruscamente y obtenemos mayor velocidad de acceso, maxima compactabilidad y flexibilidad de examen.

Trabajos que serían pesados en tiempo de realizarse normalmente son más prácticos con ordenador. En principio, una base de datos en un ordenador no es diferente de una base de datos registrada en fichas, archivos o catálogos. Sin embargo, el ordenador realiza la tediosa tarea de acceder a la base de datos y consultarla, y lo hace rápido.

En nuestro caso, las bases de datos **SPENDATA. DBF** y **BIENDATA. DBF** constituyen un sistema de gestion de base de datos (SGBD) ya que pueden hacer todo lo anteriormente expuestos, ademas de ser totalmente relacionales.

III. TIPOS DE LENGUAJES.

A) LOS DE DESCRIPCION DE LA BASE.

Se utilizan en la fase de diseño y creación de la base y describen el tipo de registros de que constan y las relaciones existentes entre ellos.

a) BIENDATA.DBF (Data bibliography of entomology. Data base file) :
Consta de 7 atributos que recopilan datos referentes a autores y sus contribuciones, con expresion de tipo y longitud de campo (Véase Lám. 1 y 2).

La entrada de datos a este archivo exige un **fichero alfabético de autores** y un **fichero cronológico**, es decir, una **ficha duplicada** (ver modelo en la Lám. 2).

Es importante reseñar :
1° – Que el campo referencia está adecuadamente refinado, de modo, que la fecha de publicación del artículo y el número aleatorio, que dentro del ano

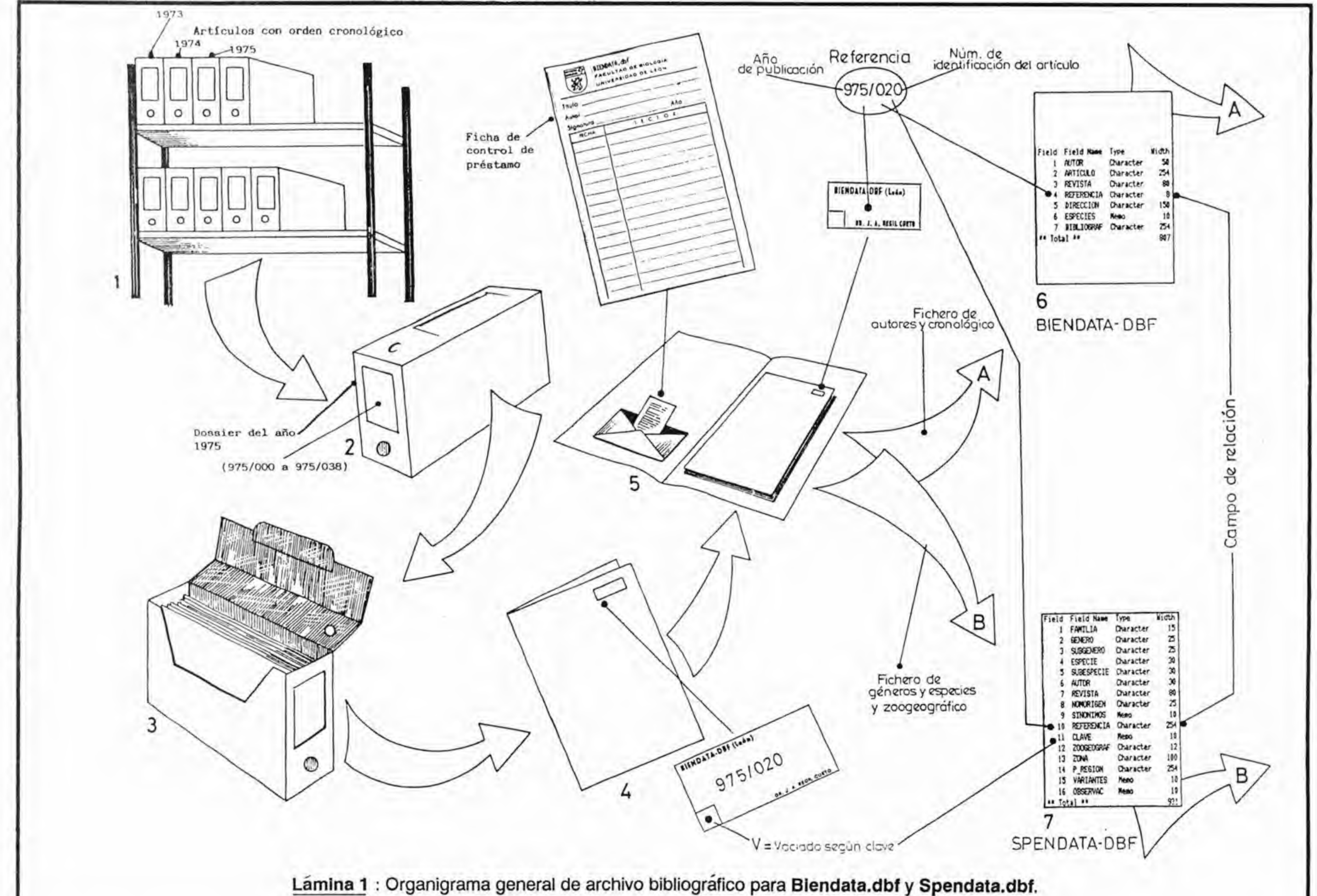


Lámina 1 : Organigrama general de archivo bibliográfico para **Biendata.dbf** y **Spendata.dbf**.

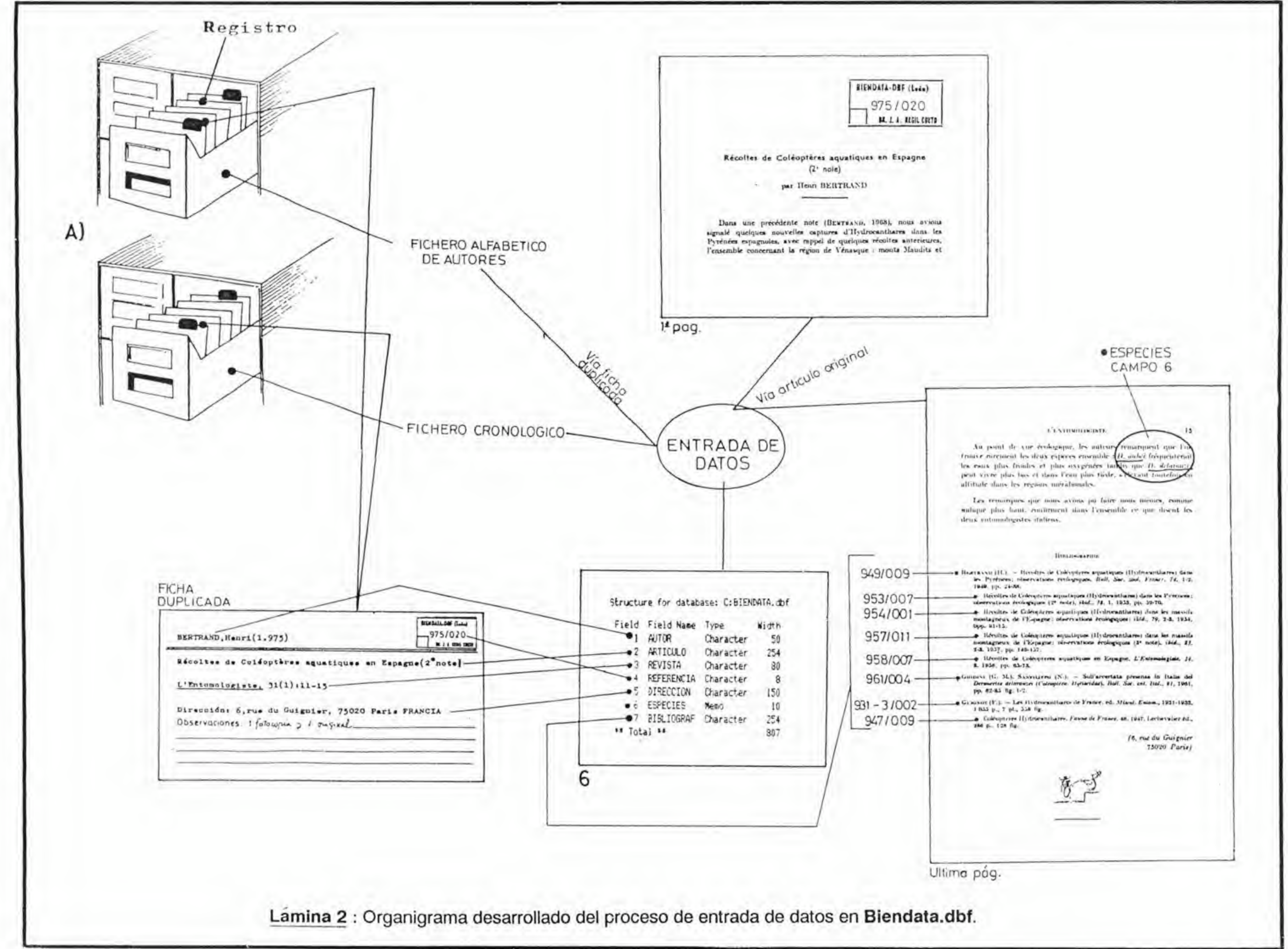


Lámina 2 : Organigrama desarrollado del proceso de entrada de datos en **Biendata.dbf**.

le corresponde, posibilitan con un código de seis dígitos identificar inequivocamente cualquier referencia bibliográfica. Cuando la referencia del artículo no se corresponde con un año (v. gr. : SHARP, 1880–82), el código se modifica resultando un total de 8 dígitos, a saber : **880–2/000**.

2°. - Que el conjunto de obras empleadas por el autor como elementos de consulta son incorporadas al campo **BIBLIOGRAF** (n°7) por medio de códigos, como los señalados precedentemente.

Las especies contenidas en cada artículo son incorporadas a un campo **"Memo"**, por admitir grandes bloques de texto por cada registro (hasta 4000 caracteres).

El archivo siempre puede ampliar sus atributos de modo que almacene las estimaciones subjetivas de cada investigador sobre su contenido, estado del mismo (fotocopia, original, microfilm,...) o cualquier situación cronoespacial.

b) SPENDATA. DBF (Data species of entomology. Data base file) :

se compone de 16 atributos que reunen la información, procedente del **fichero alfabético de géneros y especies** y del **fichero zoogéográfico** ; en la lámina 1 y 3, se especifican el tipo y longitud del campo.

El sistema de entrada de datos requiere la elaboración de dos ficheros :

1 – Fichero alfabético de géneros y especies.

Está integrado por fichas DIN–A4 en las que figura en el margen superior derecho una etiqueta adhesiva de color variable (**naranja** para género, **amarillo** para un taxón valido y **azul** para un sinónimo) en la que quedan reflejados el nombre específico o subespecífico de cada taxón, autor, fecha y revista de descripción de éste, así como nombre original **(NOMORIGEN)** de no ser el mismo y la familia a que pertenece.

El margen superior izquierdo lleva la mención **CLAVE** para asignar de modo codificado mediante dos caracteres, los múltiples datos que un autor determinado aporta sobre ese taxón.

El resto de la ficha (ver **modelo ampliado**) es una exposición cronológica de fechas y autores con sus contribuciones codificadas. Deben hacerse dos puntualizaciones :

- Los **"CODIGOS DE CONTENIDO BIBLIOGRAFICO"** se relacionarán alfabéticamente, salvo dos excepciones, cuando se trata de la descripción

original (**DO**) que siempre ocupa la primera fila y el primer lugar y los datos de distribución (**DD**) que se trasladarán al final de cada cita y acumularán la lista de códigos de divisiones territoriales-administrativas, país, estado o nación, zona geográfica o región zoogeográfica según correspondencia con el **fichero zoogeográfico** (ver esquema en la lám. 3).

- La **CLAVE** del margen superior contempla otros códigos complementarios (v. gr. : idioma en que esta publicado el artículo, **derivatio nominis**, afinidades, **BD** = datos biométricos, etc...).

Si el color de la etiqueta a la que se ha aludido, es azul, la ficha sólo portará en su primera línea el texto **"VEASE NOMBRE DEL TAXON VALIDO CON AUTOR Y FECHA"**.

La equivalencia entre un sinónimo y su especie válida o modificaciones en el estatus taxonómico quedan expresadas por el código **CN (Corrección nomenclatorial).**

2 - Fichero zoogeográfico.

Emplea la clásica división por regiones zoogeográficas asignando a cada una en conjunto un dígito del 1 al 6 (ver modelo).

En cada tarjeta donde se mencione un país concreto de una determinada región aparecen ordenadas cronológicamente las referencias de 6 u 8 digitos, que en concordancia con la ficha alfabética de taxones indican la presencia de esa especie en el país.

B) LOS DE UTILIZACION.

Sirven en la fase de mantenimiento y explotación. Adoptan naturaleza conversacional y permiten efectuar consultas o actualizaciones de la base y sin embargo no tienen conocimiento o responsabilidad sobre su estructura informática.

En este apartado nada tienen que añadir los autores, pues los archivos se ajustan al paquete software **dBASE III Plus** y todas las operaciones tendentes a gestionar ambos archivos, así como las órdenes que hacen funcionar el programa se encuentran convenientemente desarrollados en la literatura informática **(JONES, 1987 a,b)**.

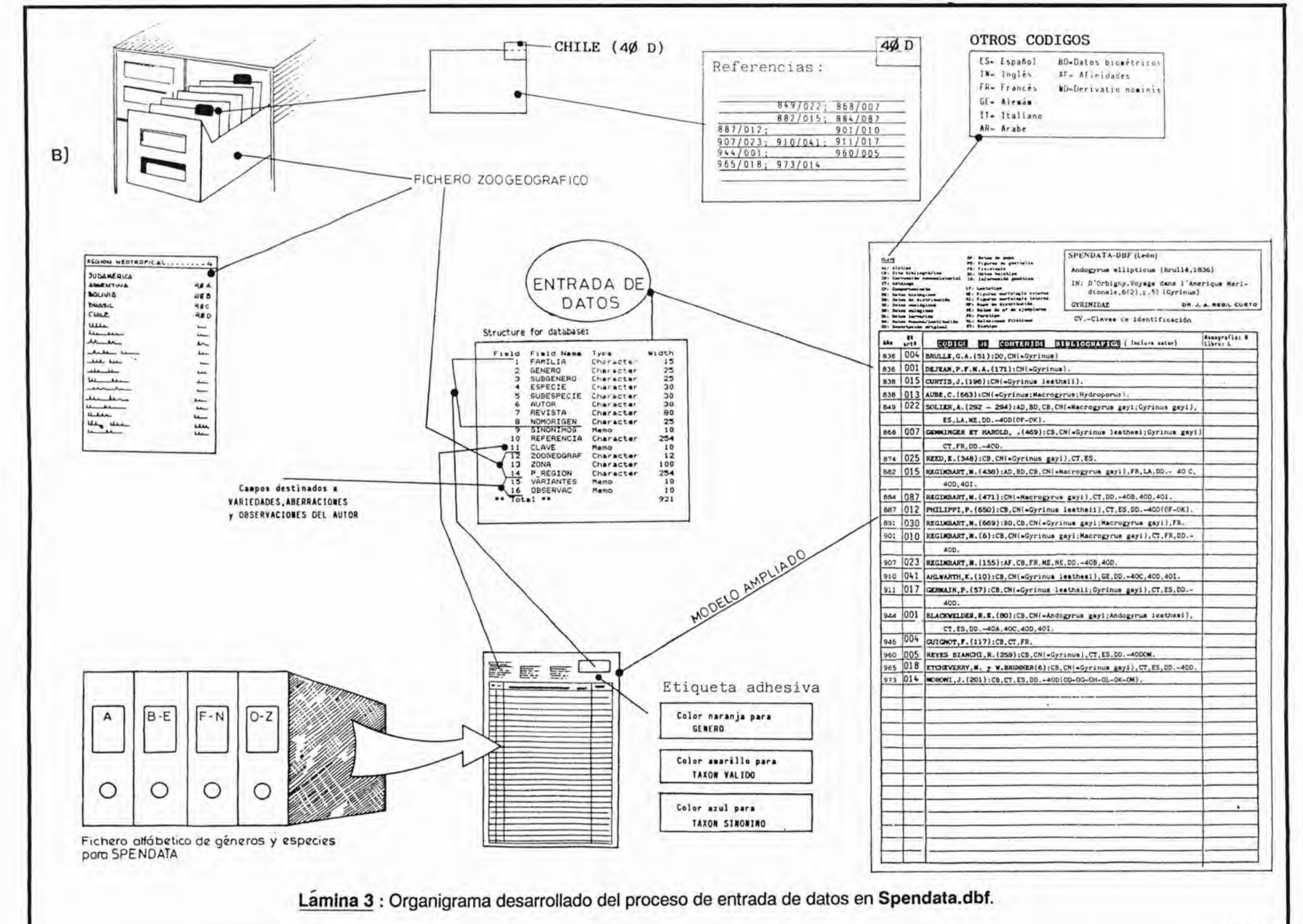


Lámina 3 : Organigrama desarrollado del proceso de entrada de datos en **Spendata.dbf**.

III. DISCUSION.

Los archivos descritos permiten al tener un campo común de relación **(REFERENCIA)** que el paquete software **dBASE III Plus** pueda actuar traduciendo los informes solicitados por el usuario en ambos sentidos.

Llegar a poder informatizar una bibliografía entomológica u otra con contexto taxonómico, requiere disponer todo el sistema de acuerdo a como se muestra en la lámina **1**.

Así las secuencias de las figuras **1, 2** y **3** ponen de manifiesto una de las tantas modalidades de deposito de la informacion ; imitar este modelo supone obtener un elenco de ventajas, aún a costa de un relativo incremento económico que es compensado por el conjunto de posibilidades de control y gestión que encierran.
Las figuras **4** y **5** explican que cada artículo sea original, fotocopia, microfilm o la carátula de un libro o monografía que por su exceso de páginas no puede ser incorporado al archivo, va dentro de un dossier en el que se incluyen además una ficha de control de préstamo, que hace fáctible su localización siempre que sea requerida.

CONCLUSIONES.

Nadie cuestiona la importancia de tener para cualquier tipo de estudio entomológico, la documentación informatizada. Sí todo el modelo presentado – los autores lo tienen bastante avanzado para los coleópteros adéfagos acuáticos del mundo –, se ejecutara e incluso se efectuara un tratamiento informático directo por personal cualificado, numerosas lagunas en el campo entomológico (morfología externa e interna de formas preimaginales e imaginales, iconografías, mapas de distribución, depósito de especímenes, afloramiento de sinónimos, errores nomenclatoriales–bibliográficos, modificación de claves, etc...) no gozarían de tal condición.

Quién pudiera consultar o disponer al menos del conjunto de fichas específicas según **modelo ampliado** de la lámina 3 sin recurrir al empleo del ordenador – nuestro proyecto lo hace – tendría numerosas facilidades para interpretar o vislumbrar que podría aportar en cada artículo que fuera inédito.

Ver el ejemplo señalado para Andogyrus ellipticus (Brullé, 1836) significa en un rápido análisis que ningún autor ha sido consciente de la ausencia de mapas de distribución, existencia de datos oológicos o de comportamiento, etc...

Con estas directrices y para un determinado género, se podrían trazar líneas prioritarias de investigación, evitando que algunos datos ya conocidos fueran reiteradamente abordados y posibilitando que cada nueva contribución del/los investigador/es proporcionara conocimientos inéditos.

La identificación y la vigilancia de áreas con interés faunístico no se apartan de la doctrina de nuestro artículo ¡ Qué mejor procedimiento para conocer donde actuar o que investigar, sino es con un adecuado inventario !

En este estudio los autores han reflejado que la presencia o ausencia de una especie en un área, es fácilmente detectable sin aludir a disquisiciones bibliográficas.

Finalmente el nivel de catalogación de un territorio abordado desde el punto de vista físico-político, no es más que la consecuencia de una cuantificación de las citas bibliográficas y sus contenidos.

Establecer comparaciones y fijar prioridades faunísticas es para los coleópteros adéfagos acuáticos y a juicio de los autores un proyecto de inmediata resolución.

AGRADECIMIENTOS : Al autor del organigrama D. Emilio Casas González.

BIBLIOGRAFIA.

JONES (E.), 1987 a. - *Aplique el dBASE III Plus*. Osborne/Mc Graw-Hill, Madrid, 483 p.

JONES (E.), 1987 b. - *dBASE III Plus : Programmer's Reference Guide*. Howard W. Sams & Company, Indiana, 430 p.



POSTERS

NOUVELLE CARTOGRAPHIE DES ODONATES DE LA BELGIQUE : QUELQUES RESULTATS.

A. ANSELIN, Ph. GOFFART, N. MICHIELS, M. VAN MIERLO

En 1979, Cammaerts sort un atlas provisoire des Odonates de Belgique en prenant en compte les données disponibles jusqu'en 1978, centralisées par la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux. Il était manifeste que certaines régions n'avaient été que peu ou pas du tout prospectées. En 1982, nous avons lancé un nouveau projet de cartographie dont les premiers résultats ont été analysés et présentés sous forme d'atlas en 1986 (Michiels, Anselin, Goffart & Van Mierlo, 1986). Cet atlas est considéré comme document de travail pour évaluer nos connaissances et pour stimuler les ± 90 collaborateurs à continuer leurs prospections. Un atlas plus complet est envisagé dans le futur.

Au total, 14 577 observations ont été traitées, la moitié (7 326) collectionnées après 1979. Les autres observations sont celles de Cammaerts (1979) mises à notre disposition par la Banque de données d'Invertébrés de Gembloux. Au total, les données sont réparties dans 347 carrés U.T.M. ou 83,2% du nombre total de carrés belges (417). L'Odonatofaune belge comprend 68 espèces, dont dix se partagent 54,4% des données, dans l'ordre : Ischnura elegans, Ennalagma cyathigerum, Coenagrion puella, Orthetrum cancellatum, Aeshna cyanea, Anax imperator, Pyrrhosoma nymphula, Sympetrum danae, Lestes sponsa et Calopteryx splendens. Les dix espèces les plus rares sont : Anax parthenope, Epitheca bimaculata, Orthetrum brunneum, Sympetrum meridionale, Aeshna affinis, Oxygastra curtisi, Gomphus simillimus, Leucorrhinia caudalis, Onychogomphus uncatus et Hemianax ephippiger (0,45% des données).

Au cours de la dernière période (dès 1979), sept espèces ne sont plus observées : Coenagrion scitulum, Onychogomphus uncatus, Aeshna affinis, Hemianax ephippiger, Oxygastra curtisi, Sympetrum meridionale et Leucorrhinia caudalis... Par contre, trois qui n'avaient plus été observées après 1950 sont à nouveau notées, mais en très faible nombres : Epitheca bimaculata, Anax parthenope et Gomphus simillimus. Une série d'espèces fréquentant les eaux acides et pauvres sont à présent reléguées à la Campine et à la Haute Ardenne, et quelques espèces d'eau courant semblent également s'être fort raréfiées. Par contre, pour une série d'espèces réputées rares ou en voie de disparition, des populations localisées mais souvent très abondantes ont été découvertes : Coenagrion mercuriale, C. lunulatum, Lestes dryas, Cordulegaster bidentatus, Sympetrum pedemontanum, Leucorrhinia rubicunda, Somatochlora arctica et Orthetrum brunneum.

CARTOGRAPHIE DES PAPILIONIDES ET HESPERIES DE BOURGOGNE (LEPIDOPTERA)

Claude DUTREIX

- Cartes de répartition en Bourgogne des espèces (quadrillage décakilométrique UTM) :
  - ° Colias hyale L. (Le Soufré)
  - ° Coenonympha arcania L. (Le Céphale)
  - ° Satyrium spini D. & S. (La Thécla du Prunellier)
  - ° Polyommatus coridon Poda (L'Argus bleu-nacré)
  - ° Coenonympha tullia Müll. (Le Fadet des tourbières).

- Cartes de distribution des espèces en France, Europe et Nord de l'Afrique :
  - ° Spialia sertorius Hoffmsg (L'Hespérie des Sanguisorbes)
  - ° Pyrgus cirsii Rbr (Le Syrichte des Cirses)

- Cartes des régions et des unités "entomogéographiques".

L'analyse statistique multidimensionnelle (avec et sans contrainte de contiguïté spatiale) rend possible la visualisation et l'interprétation d'un grand nombre de données, l'effectif des espèces traitées étant de 117 et celui des unités de situation de 312.

Le poster exposé avait pour but de présenter l'atlas des "Rhopalocères" de Bourgogne, celui-ci étant issu d'un travail universitaire dont la perspective était un essai de biogéographie numérique à l'échelle régionale (*).

La réalisation d'une cartographie fine, avec un plan d'échantillonnage strict, permet notamment de révéler des "types de distribution" à la simple analyse visuelle.

D'autre part, la délimitation de la distribution en secteurs faunistiques est une référence originale. Au-delà d'un aspect purement fondamental en ce qui concerne la biogéographie, l'information condensée permettra d'aborder ultérieurement la "partie pratique" pour une discussion des mesures de protection au niveau régional, c'est à dire les biotopes ou les espaces naturels et modifiés plus vastes, en appliquant conjointement un "statut" aux espèces.

---

* version commercialisée disponible au printemps 1988
(SHN Autun, 15 rue Saint-Antoine, 71400 Autun)

INVENTAIRE DES HETEROPTERES MIRIDES DE FRANCE

Bernard EHANNO

L'INVENTAIRE DES HETEROPTERES MIRIDES DE FRANCE a permis, grâce à l'informatisation des données, la réalisation par le SECRETARIAT DE LA FAUNE ET DE LA FLORE d'un atlas présentant la distribution biogéographique des données françaises.

Un poster a proposé, à titre d'exemples, plusieurs des cartes de cet atlas et pour chacune des espèces choisie. Une carte, établie à partir des données informatisées, montre sa distribution en France et une autre, sa distribution dans l'ouest-paléarctique. Ces deux cartes sont accompagnées d'un commentaire succinct.

Les 4 volumes de l'INVENTAIRE forment les 3 volets suivants :

- TOME I et Ibis (LES SECTEURS BIOGEOGRAPHIQUES). Ils concernent la collecte et la critique des informations en vue de leur validation, le codage des données (espèces, territoires prospectés, commune, département, auteurs, collecteurs, étages de la végétation, secteurs et domaines biogéographiques...) puis leur classement dans un cadre biogéographique et écologique.

- TOME II/A (INVENTAIRE ET SYNTHESES ECOLOGIQUES). Les Mirides sont étudiés dans leurs rapports avec les plantes et avec les milieux naturels puis ils sont présentés milieu par milieu, accompagnés de renseignements sur leurs plantes hôtes - préférentielles, habituelles... - et sur leur phénologie. Deux index (Plantes/Mirides, Mirides/Milieux) aident à la recherche des informations concernant les espèces, plantes et insectes.

- TOME II/B (INVENTAIRE BIOGEOGRAPHIQUE ET ATLAS). La première partie concerne les distributions biogéographiques générales : les Mirides sont répartis dans 8 séries de distribution en fonction des données connues pouvant être raisonnablement prises en compte. Cette distribution générale est discutée en tenant compte des distributions écologiques (strates de la végétation, milieux, niveaux altitudinaux).
La seconde partie est l'atlas avec les 2 cartes et le court commentaire pour chacune des espèces examinées. La conclusion prend place à la fin de la première partie et précède l'atlas. Elle reconsidère, à la lumière de la distribution des Mirides en France, le cadre biogéographique choisi au départ pour la présentation et le classement des données, et propose quelques modifications ou aménagements aux limites des secteurs et des domaines biogéographiques.

LA FAUNE DES DIPLODOPES DE FRANCE 2 : PROJET DE CARTOGRAPHIE DES ESPECES.

Jean-Jacques GEOFFROY

I. LES DIPLOPODES DE FRANCE.

La faune de France des Diplopodes vient de faire l'objet d'une mise au point qui tient compte à la fois des contributions apportées à l'inventaire des espèces depuis 1980 et des données récentes ayant trait à la systématique et à la nomenclature des taxa concernés.

D'après ce bilan, les Diplopodes de France comportent 274 espèces réparties en 97 genres et dont l'importance relative varie considérablement au sein des huit ordres représentés (GEOFFROY, 1987a : sous presse). Les espèces qui constituent cette faune sont essentiellement édaphiques ou endogées. Cependant, un certain nombre d'entre elles sont très étroitement liées aux milieux souterrains profonds (29% des espèces). Ainsi, 80 espèces constituent ce qu'il convient d'appeler la faune des Diplopodes cavernicoles de France (GEOFFROY, 1987b : sous presse).

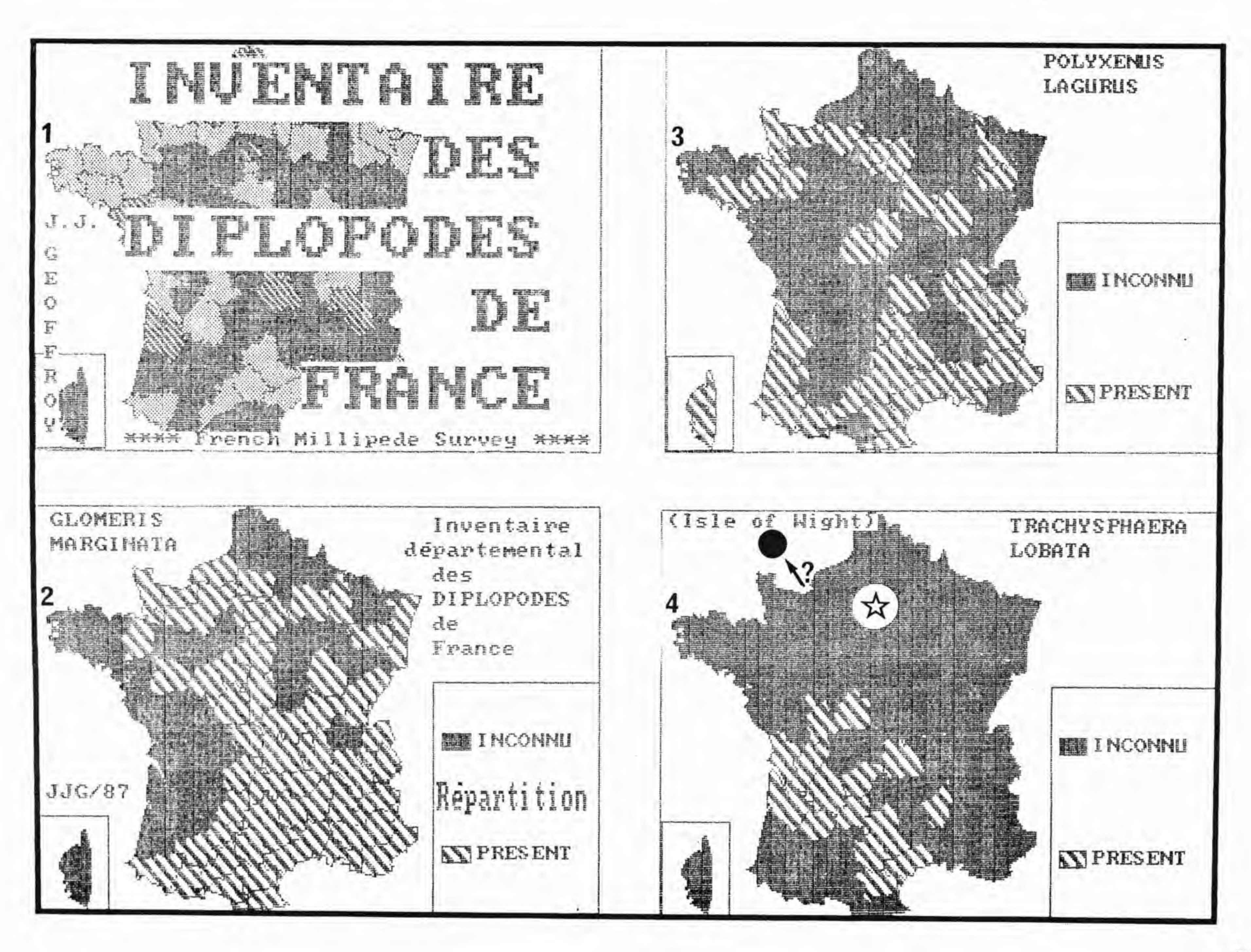
II. LA CARTOGRAPHIE DES ESPECES.

L'inventaire spécifique une fois remis à jour, l'étape suivante consiste à mettre en route un programme de cartographie nationale. Dans un premier temps, il est proposé de constituer un "Atlas Départemental des Diplopodes de France" caractérisant, selon l'état actuel de nos connaissances, la présence ou l'absence de chacune des 274 espèces à l'intérieur des 95 départements métropolitains. Quelques exemples illustrant ce programme sont présentés dans les figures 1 à 4. On s'aperçoit que, pour des espèces aussi communes que Glomeris marginata, la répartition est loin d'être parfaitement connue (Fig. 2). Les cartes actuellement réalisées intéressent essentiellement les Polyxenida, Glomerida, Polyzoniida, Platydesmida et Callipodida. La mise en place des données est en cours pour les Craspedosomatida, Polydesmida et Iulida.

REFERENCES

GEOFFROY (J.J.). 1987 a.- La faune des Diplopodes de France : un bilan des espèces. *Proc. 7th Int. Congr. Myriapodology, 19-24th July 1987, Vittorio Veneto (Italy)*, (sous presse).

GEOFFROY (J.J.). 1987 b.- Les Diplopodes cavernicoles de France. *Actes Journées Int. Biospéol., 21-24 septembre 1987, Saint-Amand Montrond (France), Mém. Biospéol.* (sous presse).



Source : MNHN, Paris

CARTOGRAPHIE DES ESPECES DU GENRE ZYGAENA FABR. (LEPIDOPTERA, ZYGAENIDAE) DU BASSIN L'GERIEN (OUEST DE LA FRANCE).

Par le G.I.R.A.Z. - ZYGAENA

La série de cartes présentées illustre la chorologie des espèces de Lépidoptères du genre Zygaena dans le bassin de la Loire, d'Orléans à la mer. Ces cartes provisoires sont le reflet des recherches du G.I.R.A.Z. et sont destinées à être intégrées dans un travail plus large mené par cette association, en vue de la publication de cartes nationales de ces espèces.

La plupart des membres du GIRAZ travaillant avec le maillage U.T.M., cette représentation a été utilisée pour les posters. Un commentaire plus détaillé de certains aspects de la répartition de ces espèces accompagnait les cartes et est résumé ici.

Zygaena loti Schiff.

Trois symbolisations ont été utilisées pour caractériser les populations rencontrées, sur la base de la date d'apparition des imago :

1 – période de vol fin mai, juin ;

2 – ssp. failliei Duj. dont la période de vol est fin juillet, août ;

3 – biotopes sur lesquels les deux sortes de populations se succèdent.

Zygaena sarpedon Hbn.

En dehors des populations littorales, peu d'observation à l'intérieur des terres :

1 – YS19, 1 o à AVAILLES-THOUARSAIS (D.S.) le 19. VIII. 1979, G. BRANGER leg.

2 – BN82, 1 o à PARILLY (Indre et Loire) le 04. VI. 1977, J.C. BILLARD leg.

3 – BM83, 1 ex à COUHE (Vienne), C. DUTREIX et R. ESSAYAN leg.

Zygaena ephialtes L.

A nouveau, trois figurations différentes ont été utilisées pour illustrer des faits biologiques particuliers :

1 – populations uniquement peucedanoïdes ;

2 – populations peucedanoïdes avec observation de quelques rares formes ephialtoïdes, soit :

XS64, LONGEVES (Vendée), 30. VI. 1979, E. DROUET leg.

CN67, vallée de la Cisse, (L. et C.), 14. VII. 1981, C. AUVRAY leg.

YT04, Milly-la-Forêt (Maine et Loire), problème de colonisation à la suite de l'implantation de la plante nourricière, Coronilla varia L.

Autres espèces cartographiées :

- Zygaena fausta L.
- Z. carniolica Scop.
- Z. filipendulae L.
- Z. trifolii Esp.
- Z. hippocrepidis Hbn.

FAUNISTIC CARTOGRAPHY AND DATABASES IN YUGOSLAVIA.

Matija GOGALA

During the last decade in Yugoslavia and especially in Slovenia many efforts have been made to introduce faunistic cartographic methods according to the guidelines of the EIS. After the first information about the faunistic cartography provided by B. Milosevic from Zagreb special cards and maps of Yugoslavia and Slovenia with the UTM grid have been printed and informative papers on the principles of the EIS have been published in yugoslav scientific and popular scientific journals or separately (Sivec 1980, 1983 ; Carnelutti et al. 1982 ; Gogala et al. 1982).

In addition to this, special computer programs for the use with the DEC-20, IBM PC compatibles, and even small C-64 computers (Gogala, 1987) have been prepared. This software made it possible to start the work on computerized databases of slovene and yugoslav faunas and to make easier the presentation of such data.

Recently an UTM-map of biomes and biotopes in Slovenia has been published (Matvejev 1986) and a similar map for whole Yugoslavia is in preparation.

Many recent faunistic papers on yugoslav and slovene invertebrates and vertebrates contain UTM-maps with the distribution of single taxons. The publication of the first atlas of distribution maps of the yugoslav Rhopalocera has now been announced.

Our future aims are the organization of the EIS activity in whole Yugoslavia, extention of the survey to other systematic groups and improvement of computer programs and hardware to exchange the data between computers inside and outside Yugoslavia in order to enable the efficient access to the faunistic data.

CARNELUTTI (J.), GOGALA (M.), SIVEC (I.), 1982.- Cartography of Slovene fauna. Instructions (in Slovene). *Prirodoslovni muzej Slovenije*, Ljubljana.

GOGALA (M.), 1987.- The use of microcomputers for the presentation of a distribution data in Slovenia (in Slovene). *Proteus*, 50 : 65-70.

GOGALA (M.), SIVEC (!.), CARNELUTTI (J.), 1982.- Kartierung des slowenischen Entomofauna. *Acta entom. Jug.*, 18 : 27-34.

MATVEJEV (S.), PUNCER (I.), 1986.- The map of biomes and group of related biotopes of Slovenia (in Slovene). *Biol. Vestn.* (Ljubljana), 34 : 53-64.

SIVEC (I.), 1980.- European Invertebrate Survey, presentation and explanation (in Slovene). *Biol. Vestn.* (Ljubljana), 28 : 169-184.

SIVEC (I.), 1983.- Cartography of Slovene fauna (in Slovene). *Proteus*, 45 : 221-224.

EUROPEAN INVERTEBRATE SURVEY : NEW BASE MAPS FOR NORTH EUROPE.

Jan OKLAND and Karen Anna OKLAND

Using maps in the Universal Transversal Mercator projection and the system of the European Invertebrate Survey for defining land areas according to modified 50 Km squares, two new base maps of size 28 x 33 cm have been constructed. Both maps cover Denmark, Finland, Norway and Sweden, with Iceland and the Faroes inserted.

Map A shows (in black) land contours, watercourses, a grid system consisting of 646 modified 50 Km squares, and (in blue) the square number and some arrows designating small land areas to be inclued in the neighbouring square. This map is suitable for plotting species distributions and can later be reduced to a page width (map width) of ca. 14 cm.

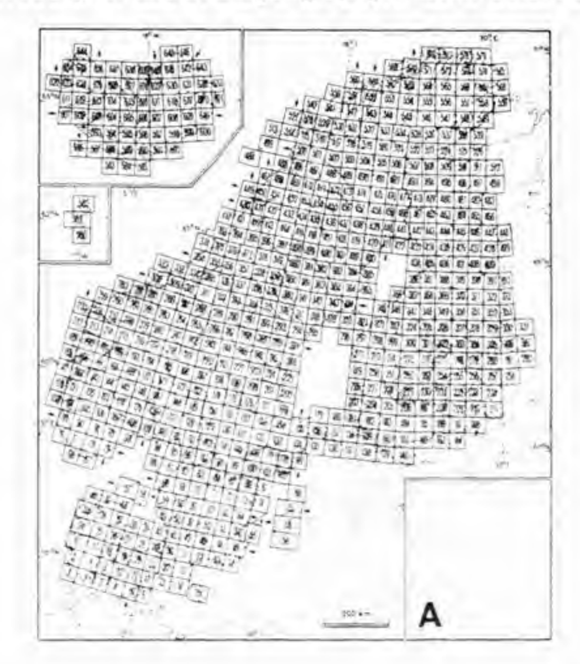
Map B shows (in black) simplified land contours and watercourses, and (in blue) 646 rings representing the modified 50 Km squares. Identification of corresponding squares and rings can be made (by first marking dots within selected squares) from map A. This map is also suitable for plotting species distributions and can later be reduced to a column width (map width) of ca. 7 cm.

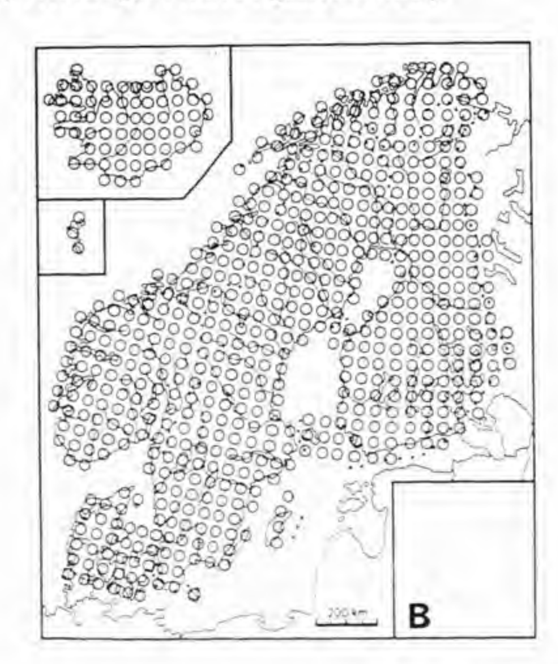
Both maps can be ordered from the Norwegian Entomological Society at a cost of 2 Norw. kroner each (members : half price). Please order item Nos 125 and 126, address P.O. Box 70, N-1432 AS-NLH, Norway.

Notes on the advantage of using square maps for plotting distribution patterns, an example of the use of the new maps, and information on collaboraters, etc..., are given by Okland and Okland (1986).

LITERATURE.

OKLAND (J.) and OKLAND (K.A.), 1986. – New maps of Norden (Danmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden) for use in biogeography. *Fauna*, Oslo, 39 : 24–29 (in Norwegian with English abstract).





CARTOGRAPHIE, DIAGNOSE ET ILLUSTRATION DE LA MALACOFAUNE TERRESTRE DE CORSE.

Guy REAL et Anne-Marie REAL TESTUD

La Corse présente plusieurs particularités intéressantes par son origine, son relief et sa position géographique : limite de répartition pour certains taxons, présence d'espèces relictes, endémisme plus ou moins étendu (endémisme Corse, endémisme Corse-Sardaigne-îles toscanes).

Les publications concernant la Malacofaune terrestre de Corse sont peu nombreuses (pratiquement pas de publications entre 1930 et 1980). Nous nous sommes aperçus qu'il était nécessaire de réaliser un inventaire actualisé des Mollusques terrestres de cette île.

Seul un inventaire exhaustif (entrepris sur plusieurs années) a été réalisé en 1902 par CAZIOT. Malheureusement à cette époque les auteurs avaient la fâcheuse tendance de créer des espèces nouvelles sur de simples variations de polymorphisme. Cet auteur arrivait ainsi à présenter 198 espèces pour la Corse avec un nombre important d'espèces nouvelles. Il est certain que le nombre de taxons valides habitant l'île est bien inférieur, mais le problème est difficile à résoudre car les collections de références manquent généralement.

Actuellement grâce à plus de 500 prélèvements réalisés depuis 1980, 21 familles soit 88 espèces dont 11 nouvelles pour la Corse ont été récoltées. Il subsiste encore quelques problèmes d'identification pour quelques taxons de certaines familles dans cette aire géographique.

Par souci d'intégration aux programmes au niveau de la "Cartographie des Invertébrés européens", nous avons suivi la classification systématique adoptées par KERNEY, CAMERON et JUNGBLUTH, 1983. Cet ouvrage récent comprend l'Europe septentrionale et centrale ; en ce qui concerne la France, les cartes de répartition qu'il présente ne prennent pas en considération les 12 départements du Sud-Est.

Nous présentons dans cette étude un inventaire en cours de la Malacofaune terrestre de la Corse (Macro et micromollusques) qui servira à l'élaboration d'un atlas faunistique comprenant une diagnose illustrée et une carte de répartition pour chaque espèce.

Les cartes seront enregistrées au Secrétariat de la Faune et de la Flore (Museum National d'Histoire Naturelle à Paris) sur table traçante d'après un positionnement des points de récoltes sur document cartographique au 1/100 000ème.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CAZIOT (E.), 1902.- Etude sur la faune des Mollusques vivants terrestres et fluviatiles de l'île de Corse. *Soc. Sci. Hist. et Nat. de la Corse*, I-354, 26 pl.

CHEVALLIER (H.), LECOMTE (V.), LUCAS (A.) et REAL (G.), 1973.- *Cartographie des Mollusques continentaux actuels de la France*. HALIOTIS, vol. 3 : 195-198.

GERMAIN (L.), 1930.- Faune de France. 21. Mollusques terrestres et fluviatiles. Paris, 1-897, pl. I à XXVI, fig. 1 à 860.

HOLYOAK (D.T.), 1983.- Distribution of land and freshwater Mollusca in Corsica. *Journ. Conch.*, 31, 235-251.

KERNEY (M.P.), CAMERON (R.A.D.) et JUNGBLUTH (J.H.), 1983.- *Die Landschnecken Nord-und Mitteleuropas*. 384 p., 24 pl., 368 cartes.



EXPRESS TIRAGES
128, av. du Gl Leclerc 92340 Bourg la Reine - Tél. 46.61.31.31

